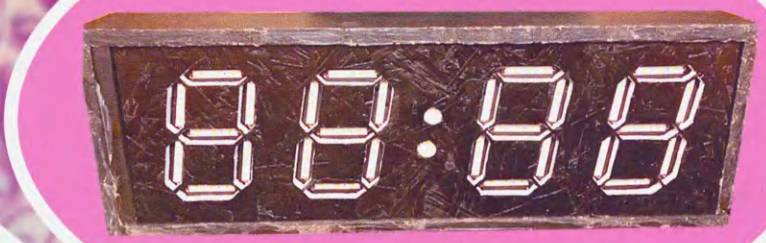
www.radio.ru

3•2025

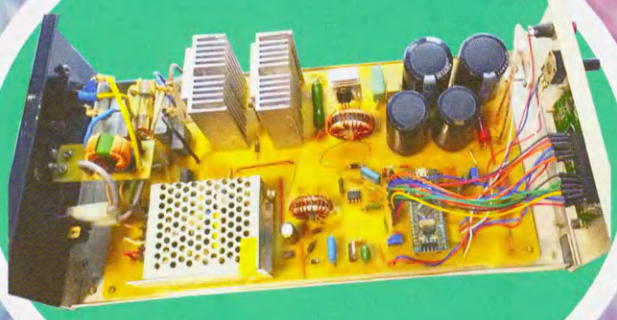
РАДИО

АУДИО • ВИДЕО • СВЯЗЬ • ЭЛЕКТРОНИКА • КОМПЬЮТЕРЫ

8 МАРТА — МЕЖДУНАРОДНЫЙ ЖЕНСКИЙ ДЕНЬ



АПГРЕЙД ЧАСОВ "ЭЛЕКТРОНИКА-7"



ТИРИСТОРНЫЙ БЛОК ПИТАНИЯ

РЕЖЕКТОРНЫЙ ФИЛЬТР

- *Импровизированная аккумуляторная батарея*
- *Доработка 25АС-109*
- *Ремонт утюга*
- *Микросхемы серии К174ПС1*

...и ещё 3 конструкции

ISSN-0033-765X 25003

9 770033 765009

3
2025

Выступление организатора радиоэкспедиции "Говорит Ленинград!" Евгении Юрьевны Рыбкиной.

Памятник А. С. Попову у его могилы.

ЮБИЛЕЙНАЯ РАДИОЭКСПЕДИЦИЯ "ГОВОРИТ ЛЕНИНГРАД!"

Евгения РЫБКИНА, г. Санкт-Петербург

(см. статью на с. 48)

Возложение участниками экспедиции цветов на могилу А. С. Попова.

Могила А. С. Попова на "Литераторских мостках" 13 января 2025 г.

Возложение цветов к памятнику А. С. Попову.

Церемония открытия закладной пластины на месте установки будущей стелы в память 100-летия начала регулярного радиовещания в Ленинграде на территории СПбГЭТУ "ЛЭТИ". Почётный караул и возложение цветов.

EXPO ELECTRONICA

МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА ЭЛЕКТРОНИКИ: КОМПОНЕНТЫ И ТЕХНОЛОГИИ, МАТЕРИАЛЫ И ОБОРУДОВАНИЕ, ВСТРАИВАЕМЫЕ СИСТЕМЫ И КОНЕЧНЫЕ РЕШЕНИЯ

15–17.04.2025

МОСКВА, КРОКУС ЭКСПО

ПОСЕТИТЕ КРУПНЕЙШУЮ ВЫСТАВКУ ЭЛЕКТРОНИКИ!

ВЕКТОРЫ РАЗВИТИЯ 2025:

EXPOCIFRA - ВЫСТАВКА ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РЕШЕНИЙ ДЛЯ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ

EXPO CIFRA

СЕКТОР РОБОТОТЕХНИКИ

ПРЕМИЯ ELECTRONICA

ПОЛУЧИТЕ БЕСПЛАТНЫЙ БИЛЕТ ПО ПРОМОКОДУ

EE2025magazine

ITE ОРГАНИЗАТОР ORGANISER

В НОМЕРЕ:

НАУКА И ТЕХНИКА 4

А. ГОЛЫШКО. Электронные компьютеры: ключевой этап 4

РАДИОПРИЁМ 7

В. ШЕПТУХИН. Новости вещания 7

Х. ЛОХНИ. Электронные компоненты для доработки и обновления полупроводниковых радиоприёмников выпуска 1970—1990 гг. Часть 5. Микросхемы серии К174ПС1 и их аналоги 9

ИЗ ИСТОРИИ РАДИО 18

Е. РЫБКИНА. К 125-летию радиосвязи на Российском Военно-морском флоте. Летопись Гогландской эпопеи: зимняя одиссея А. С. Попова и П. Н. Рыбкина на рубеже веков 18

РЕМОНТ 23

А. ШУМИЛОВ. Ремонт сетевого шнура утюга SCARLETT SC-339S 23

И. АНДРИАНОВ. Импровизированная аккумуляторная батарея для ноутбука Pixus Rize 4/64 26

ЗВУКОТЕХНИКА 28

Д. ПАНКРАТЬЕВ. Опять — двадцать пять... АС-109 28

Н. ШИЯНОВ. Режекторный фильтр 33

ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ 38

С. МИРОНЕНКО. Мощный цифровой регулируемый тиристорный блок питания 38

ПРИКЛАДНАЯ ЭЛЕКТРОНИКА 42

В. РУБАШКА. Полный апгрейд часов "Электроника-7" 42

"РАДИО" — О СВЯЗИ 45

Молодёжный кубок им. А. С. Попова — 2024 год 45

Е. РЫБКИНА. Юбилейная радиоэкспедиция "Говорит Ленинград!" 48

"РАДИО" — НАЧИНАЮЩИМ 55

Д. ЗАРИПОВ. Индикатор уровня воды в резервуаре 55

И. НЕЧАЕВ. Вспомним об однопереходном транзисторе 58

Р. СЕРГЕЕНКО. Викторина "Платы расширения SparkFun" 63

ДОСКА РЕКЛАМНЫХ ОБЪЯВЛЕНИЙ (с. 1, 3, 4, 25, 47, 3-я и 4-я с. обложки).

На нашей обложке.

- Режекторный фильтр (см. статью на с. 33).
- Мощный цифровой регулируемый тиристорный блок питания (см. статью на с. 38).
- Полный апгрейд часов "Электроника-7" (см. статью на с. 42).

ЧИТАЙТЕ В СЛЕДУЮЩЕМ НОМЕРЕ:

РАДИОЛЮБИТЕЛЬСКОЕ ТВ-ВЕЩАНИЕ
ОПЫТЫ С "ХОЛОДНЫМ НЕОНОМ"
ДЕЛИТЕЛЬ ЧАСТОТЫ ДО 1 ГГц
ДОРАБОТКИ ОСЦИЛЛОГРАФА

Тираж журнала «Радио» № 2 сдан для рассылки подписчикам 05.02.2025 г.

2231
десятилетие науки и технологий
22–25 апреля 2025
СВЯЗЬ
37-я международная выставка «Информационные и коммуникационные технологии»
Экспозиция «Навитех» — «Навигационные системы, технологии и услуги»
www.sviaz-expo.ru
Россия, Москва, ЦВК «ЭКСПОЦЕНТР»
Expo Rating
12+
Реклама
Организатор
ЭКСПОЦЕНТР
Под патронатом
В рамках
Российская неделя высоких технологий
РНВТ

Издаётся с 1924 года

РАДИО®

3•2025

МАССОВЫЙ ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

"Радиолюбитель"—"Радиофронт"—"Радио"

"Radio" is monthly publication on audio, video, computers, home electronics and telecommunication

12+

УЧРЕДИТЕЛЬ И ИЗДАТЕЛЬ:
АНО «РЕДАКЦИЯ ЖУРНАЛА «РАДИО»
Зарегистрирован Министерством печати и информации РФ 01 июля 1992 г.
Регистрационный ПИ № ФС77-82030
Главный редактор В. К. ЧУДНОВ
Редакционная коллегия:
А. В. ГОЛЫШКО, А. Н. КОРОТОНОШКО, К. В. МУСАТОВ,
И. А. НЕЧАЕВ (зам. гл. редактора), Л. В. МИХАЛЕВСКИЙ,
С. Л. МИШЕНКОВ
Выпускающий редактор: С. Н. ГЛИБИН
Обложка: В. М. МУСИЯКА
Вёрстка: Е. А. ГЕРАСИМОВА
Корректор: Т. А. ВАСИЛЬЕВА
Адрес редакции: 129090, Москва, Протопоповский пер., 25, к. Б
Тел.: (495) 607-31-18.
E-mail: **ref@radio.ru**
Приём статей — e-mail: **mail@radio.ru**
Отдел рекламы — (495) 607-31-18; e-mail: **advert@radio.ru**
Распространение — (495) 607-31-18; e-mail: **sale@radio.ru**
Подписка и продажа — (495) 607-87-39
Бухгалтерия — (495) 607-87-39

Наши платёжные реквизиты:
получатель — АНО "Редакция журнала "Радио", ИНН 7708187140,
р/сч. 40703810538090108833
Банк получателя — ПАО Сбербанк г. Москва
корр. счёт 30101810400000000225 БИК 044525225
Подписано к печати 24.02.2025 г. Формат 60×84 1/8. Печать офсетная.
Объём 8 физ. печ. л., 4 бум. л., 10,5 уч.-изд. л.
В розницу — цена договорная.

Подписной индекс:
Официальный каталог ПОЧТА РОССИИ — П4014;
КАТАЛОГ РОССИЙСКОЙ ПРЕССЫ — 89032.

За содержание рекламного объявления ответственность несёт рекламодатель.

За оригинальность и содержание статьи ответственность несёт автор.

Редакция не несёт ответственности за возможные негативные последствия использования опубликованных материалов, но принимает меры по исключению ошибок и опечаток.

В случае приёма рукописи к публикации редакция ставит об этом в известность автора. При этом редакция получает исключительное право на распространение принятого произведения, включая его публикации в журнале «Радио», на интернет-страницах журнала или иным образом.

Авторское вознаграждение (гонорар) выплачивается в течение двух месяцев после первой публикации в размере, определяемом внутренним справочником тарифов.

По истечении одного года с момента первой публикации автор имеет право опубликовать авторский вариант своего произведения в другом месте без предварительного письменного согласия редакции.

В переписку редакция не вступает. Рукописи не рецензируются и не возвращаются.

© Радио®, 1924—2025. Воспроизведение материалов журнала «Радио», их коммерческое использование в любом виде, полностью или частично, допускается только с письменного разрешения редакции.

Отпечатано в ОАО «Подольская фабрика офсетной печати»
142100, Моск. обл., г. Подольск, Революционный проспект, д. 80/42.
Зак. 01220-25 .

Dr.WEB

Компьютерная сеть редакции журнала «Радио» находится под защитой Dr.Web — антивирусных продуктов российского разработчика средств информационной безопасности — компании «Доктор Веб».

www.drweb.com

Бесплатный номер службы поддержки в России:
8-800-333-79-32

ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА — КОМПАНИЯ «РИНЕТ»

RINeT

БЛИЖЕ К ЛЮДЯМ

Телефон:
+7(495)981-4571
E-mail:
info@rinet.ru
Сайт:
www.rinet.ru

Электронные компьютеры: ключевой этап

А. ГОЛЫШКО, канд. техн. наук, г. Москва

"В середине XXI века специалистов по аналоговым системам называли цифропитеками".

(Из учебника по цифровой трансформации под редакцией МинЦифры РФ 2074 г.)

Сначала немного терминологии. Мы часто жонглируем терминами ЭВМ в смысле компьютер и наоборот, хотя это совсем не синонимы, а настоящая история вычислений уходит в далёкое прошлое. ЭВМ — это электронно-вычислительная машина, а компьютер — это просто вычислительное устройство. То есть ЭВМ — это способ реализации компьютера на электронных компонентах. Точно так же широкое понятие "стол" можно конкретизировать, к примеру, как деревянно-письменный или металло-верстачный.

Кстати, концепция цифровой алгоритмической вычислительной машины не предполагает обязательного использования именно электронных компонентов. Существуют, в частности, функционально аналогичные устройства, которые построены на трубках с жидкостью, которые используются на производствах, где из-за высоких температур электронные приборы работать не способны.

В свою очередь, понятие компьютер исторически включало в себя и аналоговые компьютеры. Поэтому, если выражаться в одном стиле, правильнее было бы называть цифровые компьютеры цифровыми алгоритмическими вычислительными машинами (ЦАВМ). Но вернёмся к развитию вычислителей, история которых насчитывает несколько поколений, с момента начала использования электричества.

В середине тридцатых годов XX века в области вычислительной техники начались эксперименты с электричеством и механической основой. Главным элементом вычислительных машин этого периода стали электромеханические реле, электромагнитный сигнал приводил в движение сразу много механических подвижных частей (колёс), замыкая и размыкая цепи, ведущие к роторным схемам. Так работали механические вычислительные устройства Z1, Z2 и Z3, созданные в 1938 г. немецким инженером Конрадом Цузе. Это были первые ограниченно программируемые вычислительные машины. Они обслуживали своими расчётами проектировщиков первого ядерного реактора и ракетчика Вернера фон Брауна. Основанные на двоичной системе исчисления (да—нет) и немецком качестве реле, они справлялись со своими задачами. Программирование Z3 осуществлялось с помощью перфорированной плёнки.

В США в 1939 г. компания IBM начала работу над созданием Harvard Mark I, принцип работы которого был тем же — множество колёс с цифрами, поворотные переключатели, электромагнитные реле. Информация вводилась с помощью перфокарт. Mark I тратил на одно вычисление 5 с, и по тем временам это было достижением!

Тогда же ведущим инженерам и учёным было понятно, что только освобождённые от механических деталей и исключительно электронные машины будут соответствовать требованиям современности. Да и начнут считать в

сотни раз быстрее, потому что скорость электрона не сравнить со скоростью вращения колёсика. К тому же всё механическое ненадёжно. Где-то заело колёсико, а там искривилось, здесь отошёл проводок... Поиск дефекта — вообще отдельная "песня". Ведь только коммутационные провода в электромеханических системах могли иметь длину до 1000 км.

А тем временем к концу 40-х годов уже создали свои основные труды Клод Шеннон (теория передачи информации), Норберт Винер (кибернетика как отдельная наука), Джон фон Нейман (конструкция вычислительных машин) и Алан Тьюринг (компьютер должен уметь вычислить всё, что поддаётся вычислению, и это его единственное занятие). На базе приведённых знаний в конце 40-х годов XX века появилось первое поколение ЭВМ, использующее электронные вакуумные лампы. Устройства занимали десятки квадратных метров, требовали охлаждения, весили много тонн, имели огромное потребление электроэнергии. Зато они выполняли уже несколько тысяч операций в секунду.

По праву первым электронным компьютером первого поколения называют американский ENIAC (Electronic Numerical Integrator and Computer). Машина имела колоссальные данные: 18000 электронных ламп, площадь 90×15 м^2, весила 30 т и потребляла 150 кВт. Несмотря на то что сейчас характеристики ENIAC выглядят не особо впечатляюще, для своего времени система была просто феноменально быстрой. Компьютер был в состоянии выполнять 357 операций умножения в секунду или 5000 операций сложения за то же время. Кроме того, компьютер позволял решать дифференциальные уравнения второго порядка.

Не обошлось и без проблем. Радиолампы регулярно выходили из строя, из-за чего работы приостанавливались примерно раз в день. На их замену требовалось время. В самом начале на поиск неисправной лампы требовалось несколько часов, но через некоторое время команда компьютера наловчилась делать это за 15 мин. Инженеры ввели предиктивное обслуживание (комплексный подход, позволяющий определить состояние находящегося в эксплуатации оборудования и оценить, когда следует провести техническое обслуживание) и тщательно контролировали состояние разных модулей. Зато в ходе создания ENIAC учёные и инженеры предложили множество новых идей, которые в дальнейшем стали базой для построения ЭВМ уже гораздо более совершенных.

На самом деле настоящий успех сопутствует не первым инновационным образцам изделий, а тем, что пришли позже, улучшив качество и вылечив все "детские" болезни. В 1954 г. IBM представила компьютер IBM 704, ставший ключевым в области научных вычислений, потому как и был специально для них разработан. Компьютер был построен на основе улучшенной версии вакуумных ламп и с памятью на магнитопроводах. Это повысило надёжность и производительность системы.

Центральный процессор IBM 704 мог обрабатывать данные с использованием чисел с плавающей запятой, что позволяло оперировать очень малыми и очень большими числами и было невероятным прорывом. Использовалась магнитная память ёмкостью от 4096 до 32768 слов (одно слово = 36 бит).

Для IBM 704 был создан первый высокоуровневый язык программирования — Fortran (FORmula TRANslation), который позволял программистам писать более сложные программы с минимальными затратами времени, заменяя трудоёмкое программирование на машинных языках. Для ввода данных использовались перфокарты и магнитные ленты. Результаты выводились на перфокарты, магнитные ленты или через принтеры.

IBM продала около 140 экземпляров модели 704, что для того времени было значительным успехом, учитывая сложность и стоимость подобных машин. IBM 704 использовался в университетах и исследовательских центрах для моделирования, расчётов и экспериментов. IBM 704 даже использовался для создания звуковых эффектов в кино. Например, в культовом фильме "Фантастическое путешествие", 1957 г.

Цена IBM 704 зависела от конфигурации и дополнительных модулей, но базовая стоимость составляла около 3 млн тогдашних долларов (в настоящее время это около 30 млн долл.). Это делало его доступным только для крупных компаний, университетов и правительственных организаций.

В целом IBM 704 оставил свой след в истории в области развития высокоуровневого программирования, поскольку созданный для него Fortran стал первым массовым языком программирования, который привёл к упрощению работы программистов и ускорил разработку программного обеспечения. Попутно IBM 704 стал инструментом, благодаря которому были сделаны важные открытия в науке, физике, космологии и инженерии.

Архитектура IBM 704 задала стандарты для дальнейшего развития компьютеров. Использование чисел с плавающей запятой стало необходимым для научных вычислений. Несмотря на высокую цену, IBM 704 стал популярным среди исследовательских центров и университетов, что способствовало широкому внедрению компьютеров в науку. Он активно использовался для расчётов в ядерной физике. Благодаря плавающей точке стало возможным моделировать ядерные реакции и проводить расчёты, которые были бы невозможны на машинах с фиксированной запятой. IBM 704 помогал вычислять траектории ракет. В ранние годы NASA использовала его для расчётов орбитальных траекторий, что стало важным шагом в освоении космоса. В химии и биологии он применялся для моделирования сложных молекулярных структур. Это дало возможность разрабатывать новые лекарства и изучать биохимические процессы. С помощью IBM 704 учёные смогли создать первые компьютерные модели погоды. Это стало началом современного прогноза погоды, основанного на численных методах.

А ещё IBM 704 был одним из первых компьютеров, который использовался для обработки графики. Например, он помогал в создании анимации и визуализации звуков в кинематографе.

В итоге специалисты отмечают, что IBM 704 был не просто компьютером, а настоящей вехой в истории вычислительной техники. Он показал, что компьютеры могут быть не только инструментами бизнеса, но и мощным средством для научных открытий и технического прогресса. Благодаря таким машинам мы сегодня имеем мощные технологии, способные решать сложнейшие задачи за считанные секунды.

В СССР процесс создания новых ЭВМ немного затянулся в связи с борьбой со лженаукой кибернетикой (вероятно, историкам ещё предстоит узнать, кто именно подкинул эту идею марксистам-ленинцам), однако в 1950 г. в Киевской лаборатории моделирования и вычислительной техники Института электротехники АН СССР под руководством академика Сергея Алексеевича Лебедева была создана первая советская ЭВМ — МЭСМ (малая электронная счётная машина). В ней Лебедев применил принцип параллельной обработки слов, и это был настоящий прорыв в обработке информации. В последующем началось активное построение первого поколения БЭСМ-1 (большая электронная счётная машина).

Разработка БЭСМ-1 была завершена в 1952 г. Машина имела 2000 электронных ламп и быстродействие 8000 операций в секунду. Система представления чисел в машине — двоичная с учётом порядков, в форме чисел с плавающей запятой. Интервал чисел, с которыми оперировала машина, — примерно от 9 до 109. В систему команд машины входило девять арифметических операций, восемь операций передач кодов, шесть логических операций, девять операций управления. Потребляемая мощность — 35 кВт.

В конце 1950-х годов начался бум ЭВМ на транзисторах, которые по своим характеристикам значительно опережали ламповые. В Англии в 1958 г. была выпущена транзисторная ЭВМ Elliot-803, в Германии — Siemens-2002, в Японии — Н-1. В СССР первой транзисторной ЭВМ стала "Сетунь".

После успеха БЭСМ-1 было решено создать усовершенствованный вариант для массового производства. Так в 1958 г. на свет появилась БЭСМ-2. Всего было выпущено 67 машин в период с 1958-го по 1962 г. под руководством коллектива ИТМиВТ (институт точной механики и вычислительной техники им. С. А. Лебедева) и завода им. Володарского. По достоверным фактам именно с помощью БЭСМ-2 была рассчитана траектория полёта первой советской ракеты на Луну.

Основные характеристики БЭСМ-2 аналогичны предшественнице. Машина имела 4000 электронных ламп, быстродействие было увеличено до 20000 операций в секунду, оперативное запоминающее устройство (ОЗУ) — 2048 39-разрядных слов.

КУПОН ЧИТАТЕЛЯ
Журнал РАДИО
подписной индекс

Помимо БЭСМ-2, на основе БЭСМ-1 была создана серийная ЭВМ М-20, которая серийно разрабатывалась с 1955 г. по 1958 г. На момент окончания разработки М-20 была самой быстрой ЭВМ в мире и имела 20000 операций в секунду. Следующей стала БЭСМ-4, которая полностью унаследовала архитектуру М-20 и имела ОЗУ в 8192 45-разрядных слова. Всего было выпущено 30 экземпляров. Для БЭСМ-4 существовало не менее трёх разных компиляторов с языка Алгол-60, компилятор Fortran. Интересно, что БЭСМ-4 также имеет прямое отношение к созданию одного из первых роликов с использованием компьютерной анимации. Кстати, БЭСМ-4 была установлена в вычислительном центре при московской физико-математической школе № 444, в которой автору довелось обучаться и, в том числе, общаться с БЭСМ-4.

Особое место в истории ЭВМ, безусловно, занимает легендарная БЭСМ-6 разработки 1965 г., ставшая знаковым этапом в развитии отечественной вычислительной техники и, более того, вершиной отечественной компьютерной индустрии. Принципы, заложенные в её структурную организацию, актуальны до сих пор.

БЭСМ-6 поступила в производство в 1968 г. Всего было выпущено более 300 экземпляров. Фактически это была первая для своего времени суперЭВМ, сконструированная на элементной базе второго поколения — транзисторах. Основной целью разработки являлось создание быстродействующей, относительно недорогой серийной машины, которая могла бы удовлетворять всем современным требованиям автоматизации и программирования. Как показала жизнь, задача была выполнена.

БЭСМ-6 имела достойные технические характеристики:

— быстродействие — около 1 млн операций в секунду (лучший в то время показатель в Европе и второй в мире);

— объём ОЗУ — от 32 до 128 тысяч слов;

— тактовая частота — 9 МГц;

— элементная база — 60 тыс. транзисторов;

— время умножения — 1,9 мкс;

— время деления — 4,9 мкс;

— время выполнения логических поразрядных операций — 0,5 мкс.

Академик Лебедев одним из первых понял необходимость совместной работы инженеров и математиков над созданием ЭВМ. Поэтому БЭСМ-6 стала первой отечественной машиной, которая была сдана в эксплуатацию с полным математическим обеспечением. Также при создании БЭСМ-6 впервые использовалась система компьютерного проектирования.

БЭСМ-6 выпускалась на московском заводе Счётно-аналитических машин (САМ) с 1968 г. по 1987 г. Структурная организация этой машины отличалась целым рядом революционных для своего времени особенностей, предвосхитивших многие архитектурные решения, использовавшиеся в компьютерах последующих поколений. Так, например, в БЭСМ-6 впервые использовался принцип совмещения выполнения команд (Лебедев называл его принципом водопровода). Сегодня этот принцип называется вычислительным конвейером и получил широкое распространение. Именно на нём основана работа всех современных компьютеров, включая персональные.

Машина была собрана из нескольких тысяч ячеек, на торцах которых размещены неоновые лампы. Это было удобно для налаживания, поскольку позволяло сразу понять, в каком состоянии находится тот или иной бит, а заодно превращало работу ЭВМ в настоящее светомузыкальное шоу. Можно понять, откуда в старых научно-фантастических фильмах брали образы компьютеров будущего, у которых непременно были сотни мигающих огоньков и футуристическое звуковое сопровождение. Кстати, при желании с помощью этих ламп можно выводить надписи и даже рисунки.

Для БЭСМ-6 существовало много реализаций популярных на то время языков программирования, таких как Алгол, Фортран, Паскаль, АПЛ, Лисп, Плэнер и т. д. На основе БЭСМ-6 были созданы известные компьютеры на интегральных микросхемах серии "Эльбрус". Во второй половине 80-х была разработана 64-разрядная машина БЭСМ-6 ("Эльбрус-Б"), включающая собственную систему команд и два режима совместимости с БЭСМ. Таким образом, огромный массив различных программ, созданных за годы эксплуатации БЭСМ-6, легко переносился на более мощные машины следующего поколения. На основе БЭСМ-6 был также создан тестовый эмулятор — специальная программа, которая позволяет имитировать реальный объект и может использоваться для целей тестирования.

БЭСМ-6 были оснащены все академические и отраслевые институты страны, нуждающиеся в использовании мощных ЭВМ, конструкторские бюро. На основе БЭСМ-6 были созданы вычислительные центры, системы управления в реальном масштабе времени, вычислительные системы телеобработки данных космических исследований. Она использовалась для моделирования сложнейших физических процессов, задач управления, в системах проектирования других ЭВМ. На этой машине было воспитано целое поколение советских учёных и инженеров.

В 1975 г. состоялся исторический советско-американский космический проект "Союз-Аполлон". Управление полётом осуществлялось специально созданным вычислительным комплексом БЭСМ-6/АС-6, генеральным конструктором которого был В. А. Мельников. Многопроцессорная система переменной структуры АС-6 была создана с использованием конструктивных и схемотехнических решений БЭСМ-6, в АС-6 были воплощены многие идеи, составившие основу будущих суперЭВМ "Эльбрус". Если раньше сеанс обработки телеметрической информации занимал около получаса, то комплекс БЭСМ-6/АС-6 справлялся с этой задачей всего за одну минуту. Вся поступающая информация обрабатывалась почти на полчаса раньше, чем у американцев. Вот такой триумф советской вычислительной техники.

Безусловно, серия ЭВМ БЭСМ послужила развитию советской компьютерной школы. Если взглянуть более чем на полвека назад, то можно сказать, что в 1950—1960 гг. СССР шла наравне с Америкой, в том числе и в области компьютеризации.

Дорон Свейд, куратор музея вычислительной техники Великобритании, покупавший для своего музея одну из последних работающих БЭСМ-6, как-то заметил, что "Российская серия суперкомпьютеров БЭСМ, разрабатывавшаяся более чем 40 лет тому назад, может свидетельствовать о лжи Соединённых Штатов, объявлявших своё технологическое превосходство в течение всех лет холодной войны".

БЭСМ были достойными конкурентами американским IBM, и кто знает, как могли повернуться события, если бы не роковая ошибка, допущенная в 1967 г. правительством СССР. По мнению многих экспертов, именно тот год был переломным, после того как на самом "верху" было принято решение о разработке серии, полностью копировавшей существовавшие тогда технологии IBM System/360 (в то время, как в IBM уже задались целью разрабатывать персональные ЭВМ). Дело в том, что изначально СССР действительно желал получить лицензию на выпуск у той же IBM и был готов заплатить. Причём руководство корпорации было по понятным причинам не против. Но, как обычно и было в то время, вмешалась большая политика, и эта сделка была расстроена. Так же, как и другие попытки получить лицензию у западных производителей (например, британской ICL). По мнению специалистов, в целом ЕС ЭВМ нельзя назвать однозначным провалом, однако с точки зрения развития информационных технологий проект можно считать неудачным.

Но почему СССР реально хотел получить именно западные ЭВМ? Да потому, что тогдашнее руководство ещё поддерживало идею устройства знаменитой перспективной ОГАС Виктора Михайловича Глушкова, т. е. общесоюзной системы управления народным хозяйством, о которой уже рассказывалось на страницах журнала. И одновременно прекрасно понимало, что быстро обеспечить потребности в вычислительной технике отечественная промышленность не сможет. Поэтому планировалось не только лицензионное производство компьютеров и периферии, но и прямые закупки всего этого за рубежом.

Именно поэтому советские ЕС ЭВМ изначально имели периферийную совместимость с устройствами IBM. Даже после того, как стало понятно, что продаж не будет, советское руководство считало, что это всё — проблемы временные и что возможность покупки западной техники рано или поздно, но возникнет. Однако вместо этой возможности американцы "совершенно неожиданно" выкатили знаменитую поправку Джексона-Вэника, формально связанную с ограничением эмиграции совет-

Читатели, приславшие в редакцию любые пять из шести купонов за полугодие, смогут претендовать на один из призов.
Март 2025 год

ских евреев (причину политики всегда придумают), ну, а реально ставящую своей задачей отрезать СССР от любой высокотехнологичной продукции (даже если последняя не имеет военного значения).

То есть США изначально ставили своей задачей недопущение развития нашей страны в любых областях. На этом фоне понимание того что о закупках вычислительного оборудования на Западе даже думать не стоит, постепенно стало очевидным. Ну, а вместе с этим стала очевидной невозможность относительно быстрого и дешёвого развёртывания вычислительных сетей в рамках ОГАС, и именно поэтому, по мнению ряда специалистов, к концу 1970-х эта программа была потихоньку прекращена. Говорят, что все разговоры о том, что советская номенклатура испугалась, будто компьютеры отнимут у неё власть — не более чем фантазии. Причём фантазии отнюдь не нашего производства, то есть слишком уж изощрённой, чтобы быть продуктом номенклатуры того времени. Тем не менее, статьи в газетах, типа "Перфокарта управляет Кремлём", сыграли свою негативную роль.

В итоге во второй половине 80-х годов в Минске начался выпуск персональных ЕС ЭВМ (ЕС-1840, ЕС-45 и ЕС-55) на процессорах, подобных Intel. Однако технология производства микропроцессоров не позволила пойти дальше уровня Intel 286. После этого пошла на спад советская компьютерная индустрия. Были закрыты многие заводы, и распущены коллективы учёных.

Ну, а ЕС ЭВМ, единожды будучи принятой в качестве основной вычислительной системы СССР, так и осталась таковой, со всеми недостатками этого решения. Вроде резкого сокращения самостоятельных разработок лет на десять. Реально сохранилась только оборонная ветка ЭВМ "Эльбрус", которая, кстати, оказалась единственно востребованной советской компьютерной разработкой в последующие десятилетия. Вплоть до того, что она существует сегодня в виде соответствующей процессорной архитектуры.

Но это уже совсем другая история. В целом казус ЕС ЭВМ выступает лишь ещё одной иллюстрацией ошибочности идеи так называемого мирного сосуществования, т. е. о представлении 70-х годов прошлого века о том, что, мол, "Запад смирился с существованием СССР после того, как его руководители показали своё миролюбие" и готов выстраивать равноправные отношения. На самом деле никто ни с чем не смирился и готовность уничтожить нашу страну не потерял. Что и было продемонстрировано очень скоро, в 80-е годы, при президенте Рейгане. А потом ещё неоднократно демонстрировалось уже по отношению к РФ в каждое новое десятилетие, вплоть до текущего момента. Одним из результатов чего стала в РФ программа импортозамещения.

Кстати, в настоящее время БЭСМ очень ценится среди фанатов советских компьютеров. Последний экземпляр вычислительной машины БЭСМ-6 до 2012 г. поддерживался в рабочем состоянии в учебном центре ВМФ в Сосновом Бору. Долгожительство по компьютерным меркам невероятное.

По материалам

https://digitalocean.ru/n/vse-pokoleniya-evm?ysclid=m4l5ndch33342757224,
https://yandex.ru/q/tech/649409281/?ysclid=m4l5unc7ok1937491,
https://habr.com/ru/companies/selectel/articles/572254/,
https://habr.com/ru/companies/ua-hosting/articles/375421/,
https://dzen.ru/a/Z08b2Xwr5hkGyJUM,
https://dzen.ru/a/XJH1vXsNDQC0Dt4h?ysclid=m4gosslure806705488,
https://pikabu.ru/story/yevm_byesm6__slovno_dekoratsiya_iz_staroy_kinofantasti-ki_9666209?ysclid=m4gouv5s2a971605962,
https://anlazz.livejournal.com/774180.html?ysclid=m4mfv9xeen777884352

НОВОСТИ ВЕЩАНИЯ

Раздел ведёт В. ШЕПТУХИН (R5GF), г. Липецк

РОССИЯ

АЛТАЙСКИЙ КРАЙ. 17 декабря 2024 г. филиал РТРС Алтайский КРТПЦ начал трансляцию радиостанции ПИ FM (Первое Интернациональное Радио) в Бийске на частоте 88,6 МГц. Мощность передатчика — 1 кВт, высота подвеса антенны — 175 м (источник — URL: **https://altai.rtrs.ru/tv/radioveshchanie/s-obekta-rtrs-nachalas-translyatsiya-radio-pi-fm-v-biyske/** (21.01.25)).

АРХАНГЕЛЬСКАЯ ОБЛ. В столице Русского Севера Архангельске на частоте 87,9 МГц началось вещание радиостанции ENERGY. Мощность передатчика (1 кВт) позволяет обеспечивать качественный приём сигнала в городе и окрестностях (источник — URL: **https://www.gpmradio.ru/news-page/uid/40197** (21.01.25)).

БУРЯТИЯ. В небольших населённых пунктах Курумканского района Республики Бурятии приостановлено вещание радиостанции "Радио России" с местными вставками ГТРК Бурятия. Как пояснили в региональном Минтрансе, причина тому — дефицит средств в бюджете Бурятии на субсидирование трансляции. Таким образом, прекращена работа 38 передатчиков из 63 (источник — URL: **https://gazetarb.ru/news/v-kurumkanskom-rajone-buryatii-zamolchalo-radio/** (21.01.25)).

ЗАПОРОЖСКАЯ ОБЛ. На частоте 93,5 МГц в г. Энергодаре началось вещание радиостанции "Авторадио" (источник — URL: **https://vk.com/wall-134632126_52683** (21.01.25)).

КРАСНОДАРСКИЙ КРАЙ. Православная радиостанция "Радио Вера" начала вещание в Анапе на частоте 90,5 МГц (источник — URL: **https://vk.com/wall-206132844_2437?w=wall-206132844_2437** (21.01.25)).

Радиостанция "Радио Родных Дорог" начала вещание в Славянске-на-Кубани. Частота вещания — 90,4 МГц (источник — URL: **https://onair.ru/main/enews/view_msg/NMID__90923/** (21.01.25)).

ЛНР. 27 декабря 2024 г. радиостанция "Гордость" начала вещание в Луганске на частоте 106 МГц, при этом, заменив эфир радиоканала Z-FM (источник — URL: **https://vk.com/wall-134632126_52994** (21.01.25)).

ПЕНЗЕНСКАЯ ОБЛ. 16 декабря 2024 г. в г. Каменке стартовало вещание радиостанции "Радио Дача". Частота вещания — 107,2 МГц (источник — URL: **http://www.krutoymedia.ru/news/13372.htm** (21.01.25)).

Также в Каменке на частоте 100,8 МГц начала вещание радиостанция "Европа Плюс" (источник — URL: **https://vk.com/penzaradiotv?w=wall-48482341_1396** (21.01.25)).

РОСТОВСКАЯ ОБЛ. С 19 декабря 2024 г. в Таганроге на частоте 87,7 МГц запущено вещание радиостанции "Радио Шансон" (источник — URL: **https://onair.ru/main/enews/view_msg/NMID__90858/** (21.01.25)).

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ. С 28 декабря 2024 г. на частоте 97,6 МГц в Санкт-Петербурге началось вещание радиостанции "Орфей". Передатчик мощностью 3 кВт работает круглосуточно. Одновременно с этим прекращена трансляция этой радиостанции на частоте 71,66 МГц (источник — URL: **https://orpheusradio.ru/news/news/89068/orfey-nachinaet-fm-veschanie-v-sankt-peterburge** (21.01.25)).

Радиостанция "МИР" начала вещание в Санкт-Петербурге на частоте 93,7 МГц. Мощность передатчика — 3 кВт (источник — URL: **https://radiomir.fm/articles/radio-mir-zazvuchalo-v-sankt-peterburge-na-chastote-937-fm** (21.01.25)).

СВЕРДЛОВСКАЯ ОБЛ. С 26 декабря 2024 г. радиостанция "Наше Радио" зазвучала в Нижнем Тагиле. Частота

Примечание. *Время всюду — UTC. Время MSK = UTC + 3 ч.*

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

вещания — 95,4 МГц. (источник — URL: **https://www.nashe.ru/news/nashe-radio-zazvuchalo-v-nizhnem-tagile** (21.01.25)).

СМОЛЕНСКАЯ ОБЛ. 13 декабря 2024 г. на объекте филиала РТРС Смоленский ОРТПЦ в Гагаринском районе начала вещание православная радиостанция "Радио Вера". Частота вещания — 95,3 МГц, мощность введённого в эксплуатацию передатчика— 100 Вт, высота подвеса передающей антенны — 80 метров (источник — URL: **https://smolensk.rtrs.ru/tv/radioveshchanie/smolenskiy-ortpts-nachal-translyatsiyu-radiostantsii-radio-vera-v-gagarinskom-rayone-smolenskoy-obla/** (21.01.25)).

СТАВРОПОЛЬСКИЙ КРАЙ. С 25 декабря 2024 г. радиостанция "Дорожное радио" начала вещание сразу в четырёх городах Ставропольского края: Благодарный — частота вещания 100,6 МГц; Изобильный — частота вещания 91,7 МГц; Новоалександровск — частота вещания 92,1 МГц; Светлоград — частота вещания 95,3 МГц (источник — URL: **https://vk.com/wall-204049665_1792** (21.01.25)).

С 1 января 2025 г. в Ставрополе на частоте 101,4 МГц началось вещание радиостанции "Хит FM" (источник — URL: **https://vk.com/wall-204049665_1866** (21.01.25)).

ТАМБОВСКАЯ ОБЛ. Радиостанция "Радио Монте-Карло" 3 января 2025 г. начала вещание в Мичуринске на частоте 100,7 МГц (источник — URL: **https://vk.com/wall-109367953_5138** (21.01.25)).

ТАТАРСТАН. В Бугульме на частоте 105,9 МГц началось вещание православной радиостанции "Радио ВЕРА" (источник — URL: **https://vk.com/wall-14553046_58220** (21.01.25)).

УДМУРТИЯ. С 20 декабря 2024 г. радиостанция Like FM начала своё вещание ещё в трёх городах республики. В Воткинске её можно услышать на частоте 97,6 МГц. Частота вещания радиостанции в Глазове — 95,3 МГц, а в Можге — 91,2 МГц (источник — URL: **https://www.gpmradio.ru/news-page/uid/40272** (21.01.25)).

ИЗ ИСТОРИИ РАДИОВЕЩАНИЯ

100 лет радио "Петербург". 24 декабря 1924 г. в Ленинграде началось вещание из студии на улице профессора А. С. Попова. С 1924 г. по 1991 г. радиостанция носила название "Ленинградское радио" или "Ленинградский филиал Всесоюзного радио". Сначала вещание было всего лишь два часа в сутки и только из уличных громкоговорителей. В настоящее время радио "Петербург" звучит 20 ч в сутки и не только на радио. Прямой эфир ведётся также на сайте 5-го канала ТВ, где каждый может послушать и даже посмотреть любимые программы онлайн или в записи (источник — URL: **https://onair.ru/main/enews/view_msg/NMID__90876/** (21.01.25)).

ЗАРУБЕЖНОЕ ВЕЩАНИЕ

АВСТРАЛИЯ. В 2025 г. отмечается 50-летний юбилей радиостанции 2JJ, которая была первой в Австралии некоммерческой круглосуточной рок-радиостанцией для молодёжи, запущенной на частоте 1540 кГц в Сиднее 19 января 1975 г. В ознаменование 50-летия запуска станции первые 12 часов дневного эфира 2JJ теперь ретранслируются на цифровой станции Double J, которая также доступна онлайн. Низкое качество передатчика ограничивало работу станции по всему Сиднею и фактически привело к угрозам забастовок со стороны персонала. Ничего не было сделано для улучшения передатчика до 1980 г., когда станция перешла на частоту 105,7 МГц и стала 2JJJ — Triple J. Станция расширилась до национальной сети УКВ в 1990-х годах (источник — URL: **https://mediumwave.info/2025/01/19/australia-77/** (21.01.25)).

ВЕЛИКОБРИТАНИЯ. Длинноволновый передатчик BBC Radio 4 в Дройтвиче должен быть закрыт в июне 2025 г. Он принадлежит Arqiva и управляется ею от имени BBC. Arqiva, может быть, рада сохранить клиента ещё на несколько месяцев, но её беспокоит состояние оборудования, которое подходит к концу своего срока службы, и, прежде всего, отсутствие запасных частей, которых практически нет по разным причинам. Ещё одна проблема для Arqiva — "Общество двадцатого века" (C20), которое стремится спасти незаменимые здания и конструкции двадцатого века, проводит кампанию по спасению двух мачт и главного здания передающей станции. C20 хочет включить это место в список национального наследия Англии. Главное здание передающей станции, построенное в 1934 г., также было включено в список. Состоящие из четырёх смежных блоков, облицованных известняком и отделанных декоративной оснасткой, они представляют собой монолитные здания в стиле ар-деко. К сожалению, комплекс был глубоко изменён за время своего существования. В 1990-х годах был добавлен новый западный фасад, на котором был повторно использован высеченный герб BBC от старого фасада. Это касается всех трёх передатчиков: Дройтвич, Бургхед и Вестерглен (источник — URL: **https://mediumwave.info/2025/01/13/united-kingdom-490/** (21.01.25)).

НОВАЯ ЗЕЛАНДИЯ. В конце января 2025 г. радиостанция RNZ выведет из эксплуатации свой устаревший средневолновый радиопередатчик в Вайнгаве, который обеспечивает вещание на частоте 1071 кГц для региона Вайрарапа. Слушателям RNZ National на частоте 1071 кГц необходимо будет перенастроить свой радиоприёмник на частоту 101,5 МГц или 567 кГц, чтобы продолжить слушать RNZ National (источник — URL: **https://clck.ru/3FsgWi** (21.01.25)).

США. В 2024 г. в США было продано 390 радиостанций на сумму 198 млн долл. Активность корпоративных слияний и поглощений в радиоиндустрии США продолжила снижаться в 2024 г., согласно последнему отчёту BIA Advisory Services. Тем не менее, эксперты американского рынка считают, что с приходом республиканцев в состав Федеральной комиссии по связи (FCC) ситуация может измениться. В 2024 г. сложная экономическая ситуация, рост стоимости кредитов и нормативные препятствия привели к тому, что заключение сделок по покупке-продаже радиостанций было сведено к минимуму. Объём сократился с 220 млн долл. в 2023 г. до 198 млн долл. в 2024 г. (источник — URL: **https://onair.ru/main/enews/view_msg/NMID__90974/** (21.01.25)).

По данным исследовательской компании Edison Research, всё больше американцев обращаются к СВ- и УКВ-радиоприёмникам как к основному источнику аудионовостей. Это касается как получения оперативной информации, например, во время лесных пожаров в Калифорнии, так и надёжной информации в периоды важных событий, таких как выборы 2024 г. в США. Последний отчёт Edison Share of Ear показывает, что 69 % времени, потраченного на прослушивание аудионовостей, приходится на радио или его потоки, что делает его доминирующей платформой для потребления новостей американцами. Аналогично 61 % прослушивания трансляций спортивных мероприятий приходится на СВ- и УКВ-радио, укрепляя его роль как источника прямых трансляций и спортивных комментариев, несмотря на растущую популярность подкастов (источник — URL: **https://onair.ru/main/enews/view_msg/NMID__90927/** (21.01.25)).

ТАЙВАНЬ. В декабре 2024 г. "Международное радио Тайваня" (Rti) выпустило новую книгу "Эпоха коротких волн: от холодной войны к демократии, от разведывательного вещания к голосу мира. Пусть мир услышит голос Тайваня". Книга рассказывает о почти вековой истории Rti, транслирующей голос Тайваня всему миру на многих языках. В ней подробно описывается, как Rti использовала многоязычное вещание для построения международных коммуникационных мостов, свидетельствуя о значительном взаимодействии Тайваня с мировым сообществом. Со времён Второй мировой войны и до конца Холодной войны Rti была не только международной радиостанцией, но и играла уникальную роль на особом поле боя, включая выполнение разведывательных миссий через программу "Время Терезы Тенг" и составление "Передач коммунистических бандитов" в рамках секретных разведывательных операций (источник — URL: **https://radioinfo.asia/news/radio-taiwan-international-launches-new-book-shortwave-era/** (21.01.25)).

ЧЕХИЯ. В 2025 г. серия QSL-карточек "Радио Прага" посвящена чешским зоопаркам. С 1 января 2024 г. "Радио Прага" изменило правила рассылки QSL-карточек. В ответ на электронные рапорты о приёме радиостанция отправляет электронные QSL-карточки. Печатную версию QSL получат лишь те слушатели, которые присылают свои рапорты о приёме традиционно по почте (источник — URL: **https://t.me/radiopraha/4121** (21.01.25)).

Хорошего приёма и 73!

Электронные компоненты для доработки и обновления полупроводниковых радиоприёмников выпуска 1970—1990 гг.

Часть 5

Микросхемы серии К174ПС1 и их аналоги

ХАЙО ЛОХНИ, Германия/Россия, г. Гай Оренбургской обл.

Фирма Siemens в первой половине 1970-х годов разработала микросхему S 042, которая была задумана как двойной балансный смеситель для частот до 200 МГц и в сочетании с ИМС S 041 (УПЧ-ограничитель и ЧМ-демодулятор) образовала комплект для качественного УКВ-ЧМ-приёмника. Эти две микросхемы были настолько хороши в концепции, что они стали эталоном для разработки ВЧ-микросхем на десятилетия вперёд. Микросхема S 042 спустя полвека актуальна для новых проектов, и она до сих пор доступна на прилавках. В СССР эта микросхема в виде К174ПС1 стала популярной в середине 1980-х годов, она выпускалась в течение не менее 20 лет, и есть интересные её вариации в виде КМ174ПС1, КМ174ПС2, КМ174ПС4 и КФ174ПС1. Частично можно ИМС К526ПС1 тоже причислить к этому семейству, она во многом схожа с популярной импортной ИМС MC1496 и уверенно покрывает КВ-диапазон. Благодаря продуманному выведению важных сигналов ИМС К174ПС1 оказалась подарком для разработчиков РЭА, она может работать не только смесителем, а ещё УВЧ и коммутатором, УПЧ с АРУ, аналоговым умножителем, синхронным выпрямителем. Ещё к концу 1970-х годов стремительно сформировался набор "готовых" схемных решений, и до сих пор во всех публикациях мы видим всего лишь небольшие модификации тех древних схем, которые нам фирма Siemens порекомендовала. Но за полвека появилось много нового, а если это положить на старый фундамент, можно получать удивительно актуальные схемотехнические решения. Об этом свежем взгляде из 21-го века на эту микросхему и рассказывает эта статья, дополнительно приводятся сведения об ИМС К526ПС1.

1. Введение

Интегральная микросхема (ИМС) серии К174ПС1 относится к популярным и массово использовавшимся микросхемам для радиочастотных узлов, в СССР она стала широко распространяться во второй половине 1980-х годов. Она задумана как двойной балансный смеситель в частотном диапазоне до 200 МГц. Фирма Siemens внедряла эту микросхему ещё до 1974 г. под наименованием S 042, которая была частью комплекта вместе с ИМС S 041 для качественного УКВ ЧМ-приёмника. Предполагается, что за 50 лет всё про эту ИМС было сказано и многое спаяно, но оказалось, что она настолько базовая, как болт М10 для слесаря, что с ней успешно сочетаются современные схемные решения. К концу 1970-х годов имелся ряд проверенных схемных решений в публикациях и документации, которые быстро вошли в "цитаты". В те годы цены на ИМС были высокие, поэтому схемные решения для массовой аппаратуры разрабатывались для максимального охвата функционала. Изначально задуманная как смеситель, ИМС S 042P быстро была превращена в комбинацию гетеродина со смесителем, что оказалось фатальным развитием для продажного цикла изделия. Такое совмещение функционала было оправдано для аппаратуры простой и средней категории, и в таком виде со встроенным гетеродином эта ИМС закрепилась в публикациях и аппаратуре, а также в мыслях разработчиков и радиолюбителей.

ИМС S 042P и К174ПС1 неоправданно применялись в упрощённых схемных решениях с посредственным результатом. В официальной документации тоже не добавлялось сведений о потенциальных возможностях этой ИМС, если её обвязать правильно, по-научному. К середине 1990-х годов появились активные смесители с высокой линейностью, поэтому переоценивать "устаревшую" ИМС К174ПС1 уже никто не стал, сработали суровые законы маркетинга с быстрой заменой поколений.

Но если анализировать более современные смесители, то они по внутренней структуре не ушли далеко от ИМС К174ПС1, в основном улучшение линей-

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

ности достигнуто заметным увеличением тока покоя и использованием более быстродействующих транзисторов, иногда на чипе добавлен УПЧ или буферный усилитель для гетеродина. Для стационарной аппаратуры ток покоя одного смесителя 20...200 мА не является критичным, но для переносной или экспедиционной аппаратуры ток потребления — один из ключевых параметров. На эти требования изготовители ИМС для радиоприёмников постарались найти ответ, и в середине 1990-х годов появилось известное семейство ИМС NE602, NE612, SA602, SA612 и немного позже NE616, NE607 NE636, NE639, ещё нужно отметить ИМС MC3362 и её вариации из середины 1980-х годов. Однако эти ИМС создавались не как универсальные с научной фундаментальностью, а с чётким экономическим расчётом, чтобы обеспечить требуемую себестоимость аппаратуры и решить узко поставленную задачу с предсказуемым качеством средней категории. При этом всё было настолько упрощено, что применить это поколение ИМС в продвинутых технических решениях невозможно, поскольку нет свободы для изменений в обвязке и режимах. Как ни стараться, более чем посредственный приёмник не получится, его дешевле купить готовым, чем самому построить. На этом "разбилось" целое поколение радиолюбителей—покупателей, без амбиции построить аппаратуру своими руками.

А всё это время в наших коробках на чердаке и в гаражах лежат ИМС К174ПС1 без дела при том, что они изначально сделаны для хорошей аппаратуры, с целью не только упростить изготовление аппаратуры, а создать прорыв в качестве аппаратуры и радиоприёма. По многим причинам дело не было доведено до ума ни в документации, ни в публикациях, ни на практике в реальных схемах.

Так как у многих радиолюбителей в наше время оказалась в распоряжении измерительная техника для оценки качества ВЧ-узлов, о которой можно было только мечтать главным конструкторам 50 лет назад, почему бы не вернуться к корням и добраться до истинного потенциала ИМС К174ПС1?

2. Отечественные аналоги ИМС S 042

Огромное число ИМС в СССР производились по кальке с зарубежных оригиналов. И если в ИМС серии К155 и всего последующего "всемирного цифрового стандарта" не было смысла вводить свои изменения, чтобы изделия остались совместимыми на мировом рынке, то для аналоговых ИМС было много причин, чтобы осмыслить особенности зарубежных изделий и их модифицировать. Это не всегда получалось удачным для ИМС общего применения, но для специальных ИМС в СССР это дало отчасти удивительные результаты. Наглядным примером удачного пересмотра зарубежного оригинала является разработка целого семейства ИМС на основе S 042P. Общеизвестная ИМС К174ПС1 в пластмассовом корпусе — это только вершина айсберга. На **рис. 1** показаны отечественные интерпретации микросхемы S 042P, у которых некоторые параметры лучше оригинала.

Эта ИМС представляет собой двойной балансный смеситель по упрощённой схеме ячейки Гильберта на основе дифференциальных усилителей (ДУ). Она имеет двухэтажную структуру по транзисторам и узел смещения из резисторов и диодов. Разновидности этой ИМС отличаются корпусом, номиналами элементов, быстродействием. Но они остались столь похожими на оригинал, что на печатной плате можно предусмотреть универсальную посадку на все варианты корпуса (кроме SMD). На частотах до 30 МГц все эти варианты полностью взаимозаменяемы, и не было отмечено разницы по качеству, в том числе с зарубежным оригиналом, если оставаться в рамках разумных климатических условиях для ИМС в пластмассовом корпусе.

Первоначально заявленная полная аналогия К174ПС1 и S 042P в скором времени модифицировалась, но отечественная документация уже никак не была актуализирована, и в наши дни имеем значительные расхождения. Если правильно применить отечественные варианты, они дают лучший результат в конкретных узлах, но почти во всех вариациях применяются резисторы с увеличенным (до +40 %) номиналом. Это приводит к тому, что при простой замене ИМС или повторении зарубежных конструкций можно "попасть" на 30 % меньшее усиление. Вероятно, поэтому возникла репутация "слабой" отечественной ИМС К174ПС1.

Если обобщать картину, то ИМС К174ПС1 и К174ПС2 не отличаются по быстродействию. У ИМС КМ174ПС4 ёмкость транзисторов в два раза меньше, и поэтому заявления о расширенном частотном диапазоне оправданны в принципе, но без увеличения токов покоя в реальности это не получится.

Далее, имеются три версии ИМС по номиналам резисторов, и их можно легко определить, измерив сопротивление между эмиттерными выводами транзисторов нижнего этажа и общим выводом. Сопротивления могут быть 1,4 кОм, 1,7 кОм, 2 кОм с небольшими отклонениями. Для ИМС общего назначения К174ПС1 в пластмассовом корпусе бывает сопротивление 1,4 кОм или 1,7 кОм. В керамическом корпусе якобы эта же КМ174ПС1 бывает с сопротивлением 1,7 кОм или 2 кОм. ИМС КМ174ПС2 были исключительно с сопротивлениями 1,6...1,7 кОм. А быстродействующая ИМС КМ174ПС4 имеет исключительно сопротивление 2 кОм, и для её работы на УКВ или СВЧ без модификации эмиттерного узла не обойтись. Нужно отметить, что это увеличение сопротивления резисторов даёт разработчику больше свобод, и стандартные случаи работы на частотах до 10...20 МГц полноценно обеспечены этим решением.

Особенность найдётся в разводке общего провода. В отличие от устаревшей документации, в отечественных "прямоугольных" ИМС только выводы 1, 6, 14 подключены к кристаллу (или выводы 1, 8, 16 у КМ174ПС1). На печатной плате общий провод нужно довести до всех этих выводов. К примеру, индуктивность между выводами 1 и 14 у ИМС в пластмассовом корпусе составляет 40 нГн, а у керамического всего 20 нГн. На УКВ это значительно влияет на общее "поведение" узла на печатной плате. У всех ИМС экранировка или корпус изолированы от кристалла, за исключением КМ174ПС1 (соединение с выводом 8).

Коллекторные выводы и вывод 5 имеют к подложке конструктивные обратносмещённые паразитные диоды. Они не мешают штатной работе, но могут в комплексных узлах с "многоэтажным" питанием дать полезную защиту. Нужно отметить, что у К174ПС1 бывают версии кристалла, где этих диодов нет, т. е. имеется полная изоляция элементов к подложке. Это может немного улучшать работу при частотном преобразовании вверх.

Была разработана версия КФ174ПС1 для поверхностного монтажа в пластмассовом корпусе М04.10-1 (похож на SOIC-10). При установке на печатную плату сверху она требует минимальных изменений разводки, в целом расположение выходов и входов осталось прежним. При монтаже с обратной стороны печатной платы порядок выводов меняется на зеркальный, и это может улучшить развязку между узлами радиотракта и исправить недостатки по подавлению входных сигналов на выходе. Об этой ИМС нет сведений, проверенных на образцах.

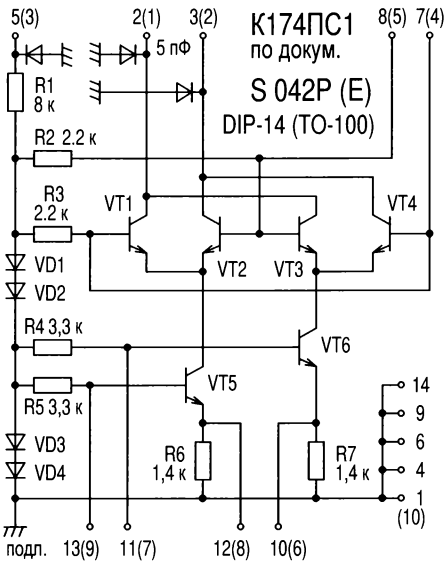
Варианты в керамическом корпусе обеспечивают более эффективное равномерное распределение тепла, и они показывают при работе с увеличенным током покоя более высокую стабильность установленного баланса. Если подавление входных сигналов на выходе не особо критично, можно применить и ИМС в пластмассовом корпусе с увеличенным током покоя, но более 6 мА не стоит допускать, чтобы не ухудшить режимы работы.

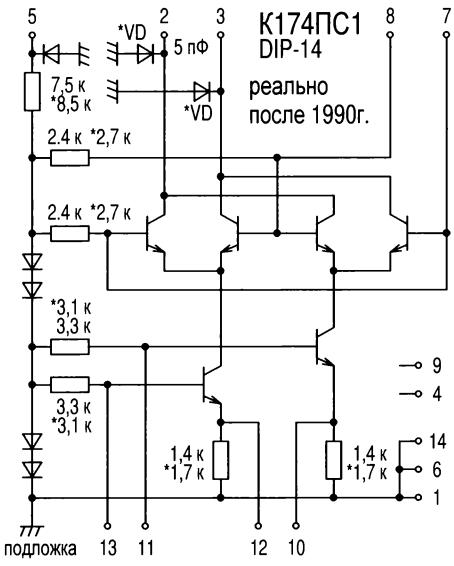
3. Цепи питания и смещения

У этой ИМС нет отдельного вывода питания, и это понятие относится к узлу смещения (вывод 5) и к выходным коллекторам верхнего этажа, всё — относительно вывода 1. Обычный коэффициент передачи тока у транзисторов составляет $h_{21э} = 100$, и узел смещения остаётся слабо нагруженным, даже при увеличении тока покоя до 4 мА.

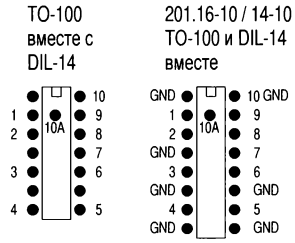
В документации слабо разъяснён допуск по напряжению питания. Максимальное напряжение питания на +15 В стоит понимать, как напряжение на выводе 5 относительно подложки кристалла на выводе 1, а также как допустимое пиковое напряжение на коллекторах верхних транзисторов. Колебательный контур на выходе не стоит подключать к напряжению +15 В, так как в худшем случае на коллекторах может быть пиковое напряжение более 25 В. Поэтому при резонансном выходе или нагрузке в виде дросселя нужно ограничиться напряжением питания не более +9 В для

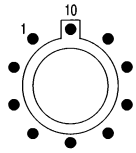
Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru



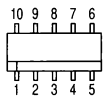


посадка на плате

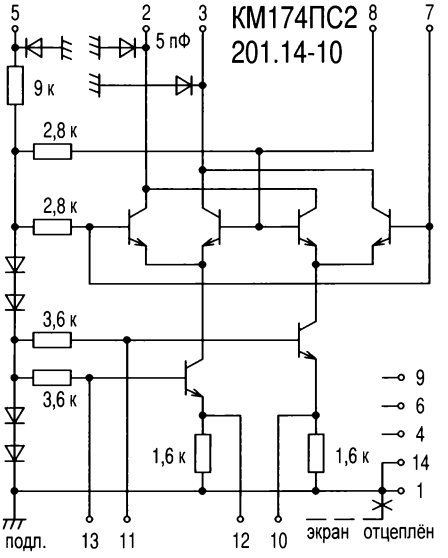


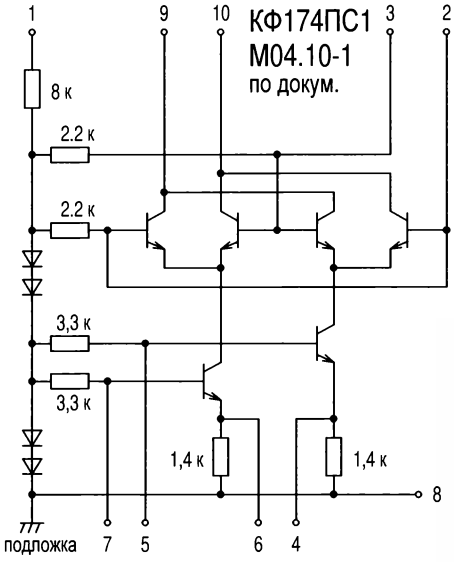


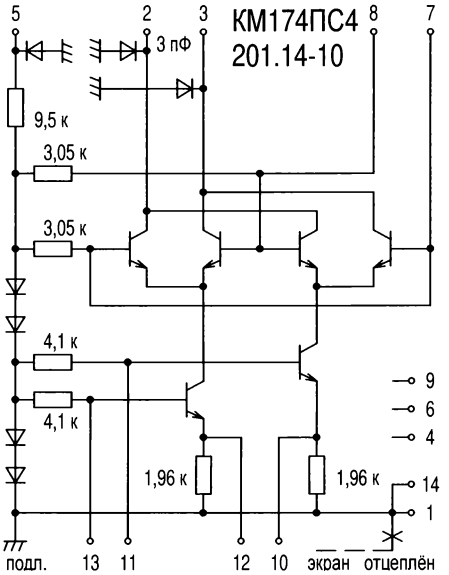
TO-100
вид сверху
корпус изолирован



КФ174ПС1
SMD metric







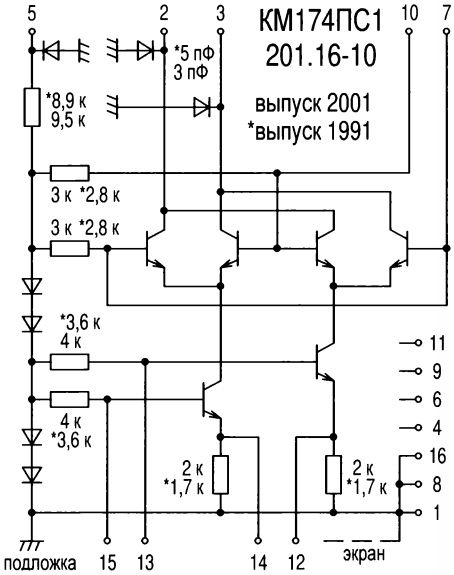


Рис. 1

коллекторной цепи. Нижний предел напряжения питания заявлен +4,5 В, и это обусловлено в первую очередь диодами VD1—VD4, от которых зависит усиление транзисторов. На базах VT1—VT4 присутствует стабилизированное напряжение около +2,6 В, при напряжении питания +4,5 В установлены штатные эмиттерные токи. Поэтому при увеличении напряжения питания для сохранения штатных токов можно между выводом 5 и линией питания установить дополнительный резистор и не допускать лишнего тока потребления. При питании +5 В, +6 В, +9 В, +12 В сопротивление дополнительного резистора будет 2 кОм, 5,6 кОм, 18 кОм, 33 кОм, что обеспечит достаточный ток в цепи смещения — около 0,25 мА.

Работоспособность К174ПС1 "появляется" при напряжении питания +3 В, что может обеспечить аварийную работу аппаратуры. Применить её можно при напряжении питания +3,6 В, и особенности такого режима разъяснены ниже в подробностях.

Режим с увеличенным током покоя влечёт за собой увеличение граничной частоты и скорости коммутации. При токе покоя более 3 мА нужно оставить среднее напряжение у коллекторов VT1—VT4 не более +6 В, чтобы исключить влияние саморазогрева на установленный баланс. Нет особого смысла работать с токами покоя более 4,5 мА, линейность транзисторов уже не улучшается.

По традициям схемотехники с цифровыми ИМС семейства ЭСЛ (серии К100, К500, К1500, К193, К6500) этот смеситель можно применить в аппаратуре с минусовым питанием и напрямую стыковать с элементами ЭСЛ. По сути, двойной балансный смеситель в понятиях цифровой логики является элементом исключающее ИЛИ, и ячейка Гильберта построена по принципу ЭСЛ.

4. Подача сигнала на смеситель

Нижеизложенные рекомендации относятся не только к этой ИМС и могут быть применены к многим радиочастотным ИМС, в составе которых работают ДУ.

ИМС К174ПС1 может обеспечить подавление сигналов между портами (входами и выходом, и наоборот) 50...60 дБ на частотах менее 1 МГц и 40...30 дБ на частотах 5...100 МГц. На частотах более 100 МГц подавление очень сильно зависит от топологии печатной платы и импеданса на линиях. Если оценить качество смесителя отсутствием ложных сигналов, то полная симметрия обвязки между всеми входами и выходами смесителя станет обязательным требованием, о чём официальная документация умалчивает. Вместо этого часто предлагается вариант с подачей сигнала на один вход с блокировкой другого входа этого ДУ.

4.1. Сигналы в ДУ, общие сведения

ДУ в слаботочном режиме (не более 100 мкА) без межэмиттерной ООС обеспечивает IM_3 на уровне –40(–20) дБ ещё при размахе двухтонального сигнала 10...12(30...36) мВ и при импедансе источника сигнала для малого уровня шума (около 500 Ом на КВ). То есть стандартный смеситель на ИМС К174ПС1 из документации решит проблемы развязки портов, предотвратит излучение гетеродинного сигнала в эфир, обеспечит подавление спектра части сигналов за счёт симметрии (пока вход не перегружен), даст упрощение схемотехники при изготовлении аппаратуры. Но на самом деле прорыва к новому уровню качества радиоприёма с этими схемами мы не заметили. Аналогично обстоит ситуация с популярными сериями ИМС SA612, SA614, SA615, SA636, SA639, у которых радиосигнал тоже подаётся на ДУ без межэмиттерной ООС. Малым динамическим диапазоном (ДД) также страдают популярные ИМС для УКВ-приёмников TA7368, LA1185, K1079УВ1 и BVR-01. Работа ДУ без межэмиттерной ООС обеспечит минимальный уровень собственных шумов, меньше уже не сделать, и для К174ПС1 в документации указывают $K_ш$ = 6...7 дБ в лучшем случае.

Даже если применить межэмиттерную ООС для улучшения линейности, подача сигнала к базам остаётся проблематичной тем, что внутри ИМС к базам подключены резисторы узла смещения, которые могут значительную часть сигнального тока отводить от транзисторов. Получается аттенюатор с дополнительным шумом, который входит в общий шум тракта. К примеру, при межэмиттерной ООС с резистором 200 Ом входной импеданс самих транзисторов составит несколько килоом, и это соизмеримо с сопротивлением резисторов узла смещения. Поэтому даже при применении отличных транзисторов в более современной ИМС SA612 не удалось получить $K_ш$ < 5 дБ в реальном каскаде. По этой причине в документации на К174ПС1 и К174ПС4 указан $K_ш$ > 6 дБ. Поэтому более реалистично стоит изначально предполагать, что $K_ш$ > 8...9 дБ для смесителя с небольшим межэмиттерным резистором R_{ooc} сопротивлением до 100 Ом.

Проблема ИМС на основе ДУ состоит в особенности передаточной характеристики. В публикациях приводятся разные цифры по допустимому напряжению входного сигнала, при котором искажения имеют уровень –40 дБ (1 %). Авторы редко уточняют, размах ли это у сигнала между базами или имеется в виду эффективное значение (разница читательской интерпретации — 9 дБ), ещё сильно может повлиять симметричная или несимметричная подача сигнала на базы. По моим измерениям на разных изделиях на разных частотах и при размахе двухтонального сигнала 10...12 мВ между базами искажения IM_3 составляют –40 дБ. Для сравнения, простой транзисторный усилитель в схеме с ОЭ без эмиттерной ООС даёт подобные искажения при размахе 20...25 мВ (транзисторы серий ГТ322, КТ3108А) при том же входном сопротивлении усилителя (зависит от тока эмиттера). Если учесть, что в ДУ шумят два транзистора последовательно, у ДУ нужно признать ДД на 9 дБ меньше, чем у одного подобного транзистора в схеме ОЭ. Поэтому субъективное наблюдение радиолюбителей, что микросхемные приёмники шумят больше "старых добрых", — вполне объяснимое.

С другой стороны, при размахе сигнала значительно меньше 10 мВ выигрывает ДУ по линейности. В схемах, где ДУ включён по сигналу в петлю общей ООС и разностное напряжение между базами остаётся значительно меньше 10 мВ, получается отличная линейность, которую в схеме с ОЭ с одним транзистором с резистивной ООС не получить. В большинстве аналогичных ИМС выпусков 1970—1980 гг. для ВЧ-диапазона нет цепи ООС для входного ДУ. Удачная ИМС с внутренней ООС — это из середины 1970-х годов — uA733 (позже — NE592 с немного худшими параметрами), которая в СССР была выпущена как К171УВ2 (К174УВ5). Эти ИМС до сих пор в ходу и отлично работают в активных антеннах.

Главный вывод — если возможно, стоит отказаться от подачи радиосигнала на верхний этаж (выводы 7 и 8), где нет возможности адаптировать ДД усилителя к естественной сигнальной динамике источника сигнала.

При разработке ДУ с межэмиттерной ООС стоило бы для начала расчётов предполагать, что через этот резистор протекает сигнальный ток размахом не более ±50 % от тока покоя одного транзистора. Для штатного режима ИМС К174ПС1 с токами по 0,5 мА это означало бы межэмиттерный ток не более ±250 мкА для искажений с уровнем менее –60 дБ. Если выбрать R_{ooc} = 100 Ом, то к нему ещё надо прибавить эмиттерный импеданс двух транзисторов по 50 Ом (при этом токе покоя), и получается 200 Ом между эмиттерами. Следовательно, между базами допускается размах сигнала 100 мВ для искажений –60 дБ при входном импедансе узла 3...0,5 кОм на частотах 0,1...100 МГц соответственно. Даже такое элементарное расширение ДД в ИМС NE612 (и подобных) не реализовать.

Шумящий резистор R_{ooc} можно заменить почти не шумящей катушкой индуктивности, если частотный диапазон полезного сигнала небольшой. Но так как она уменьшит усиление за счёт сдвига сигнала по фазе, рекомендуется входной сигнал подавать симметрично на базы ДУ. Это хороший вариант при увеличенном токе покоя, когда резисторы узла смещения к базам меньше влияют на шум при снижении входного импеданса транзисторов. Чтобы при этом не нарушить баланс, к катушке индуктивности нужно последовательно установить конденсатор с большой ёмкостью. Обычно 100 нФ достаточно, но нужно применить качественное изделие из керамики NP0, так как на нём присутствуют эфирные сигналы вместе с импульсными помехами и керамика NP0 при этом не внесёт интермодуляцию.

4.2. Смеситель на ИМС К174ПС1 со встроенным гетеродином

В этой ИМС изначально не был предусмотрен отдельный узел гетеродина,

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

который формировал бы идеальный симметричный импульсный сигнал (как это сделано качественно в ИМС TDA1062, К174ХА15 и даже в К174ХА2). Но так как в середине 1970-х годов цены на ИМС были недемократичные, разработчики схем быстро взялись за нижний этаж и сделали из него двухтактный гетеродин. Приёмники получились очень простыми с предсказуемым качеством и успехом, исчезли все проблемы и мучения разработчиков с однотранзисторными смесителями.

Но у этого решения есть несколько недостатков. Для их выявления был собран кварцевой гетеродин по стандартной схеме с качественным кварцевым резонатором частотой 3686 кГц. Чтобы правильно оценить работу, было решено измерить импульсы тока, протекающие в верхний этаж. Для этого был установлен дисбаланс 150 мВ между выводами 7 и 8 и противофазные сигналы сняты на коллекторных нагрузках (резисторы сопротивлением по 180 Ом). На **рис. 2** показаны срезанные полуволновые импульсы сигнала на коллекторных выходах ИМС. Гетеродин работает в режиме с длительной фазой отсечки, при которой один из транзисторов всегда надёжно закрыт (верхняя плоская часть сигнала).

При штатном токе покоя по 0,5 мА (без генерации) в импульсе в каждом плече ДУ протекает пиковый ток 1,55 мА включённого транзистора гетеродина. Это обусловлено пиковым напряжением на базах +1,75 В относительно общего провода, что уже близко к плохому сценарию с малым напряжением $U_{кб}$ около +0,15 В у включённого в данный момент нижнего транзистора. Импульсы тока по форме далеко не полуволна синусоиды, длятся они полупериод, но с перевесом тока на начало полупериода. Это очень невыгодно для смесителя в приёмнике. Токовые импульсы имеют крутой фронт включения длительностью 20 нс, и это единственный положительный факт. Но длинный пологий фронт выключения длительностью 100 нс уводит качество смесителя на посредственный уровень. Усреднённо за полупериод смеситель работает со штатным током покоя, и верхний этаж в среднем имеет штатное усиление по документации с крутизной около 5 мА/В. Однако "размазанное" убывание тока — это идеальная почва для возникновения интермодуляции в верхнем двойном ДУ, и схема со встроенным гетеродином не вариант для хорошего приёмника, и не для этого изобрели такие смесители.

На **рис. 3** показан КВ-спектр гетеродинных токовых импульсов гетеродина (частота 3686 кГц), и плавное убывание уровня гармоник не радует. Чётные гармоники изначально не подавлены, и это можно исправить только при строго симметричной подаче радиосигнала на верхний этаж и строго симметричном выходе. Часто предложенная несимметричная подача радиосигнала — крайне плохое упрощение схемы смесителя со встроенным гетеродином. В этом плане простая обмотка связи к выводам 7 и 8 — довольно правильное решение для подачи радиосигнала к смесителю со встроенным гетеродином на нижнем этаже.

Режим с глубокой отсечкой обещает малые шумы гетеродина (**рис. 4**), и при измерении с помощью SDR Perseus (10 дБ/дел. и 20 Гц/дел.) это подтвердилось. В цепи питания был установлен RC-фильтр 47 Ом и 1000 мкФ.

При отстройке на 100 Гц уровень шума гетеродина примерно около –120 дБ по отношению к уровню несущей при частоте 3,686 МГц. Если удастся обеспечить симметрию балансировкой нижнего гетеродинного ДУ и также в верхнем ДУ, этот смеситель со встроенным гетеродином годен как конвертер диапазона НЧ/СДВ на высокую ПЧ. Но по опыту, такой баланс не особо стабильный, и проникающий сигнал гетеродина может задавить простую установку SDR.

Качество смесителя на ИМС К174ПС1 со встроенным гетеродином обязательно портится на верхнем этаже из-за прямой связи эмиттеров и малого

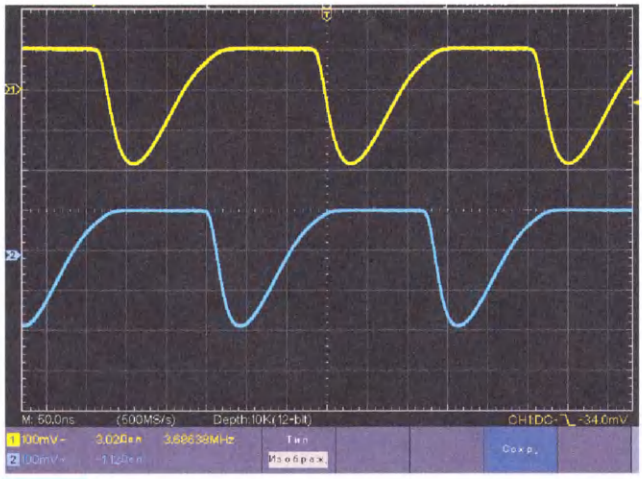


Рис. 2

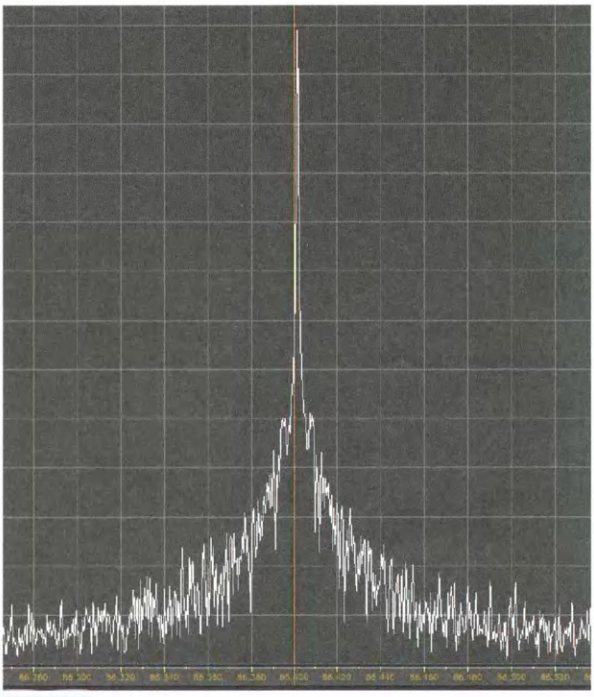


Рис. 4

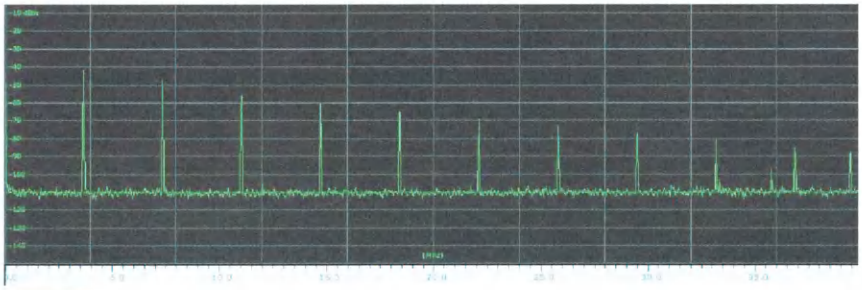


Рис. 3

допустимого размаха сигнала. Тем не менее, и это решение в целом лучше, чем приёмники на ИМС SA602, SA612, NE602, NE612, в которых искривлённый сигнал встроенного гетеродина никак и ничем не сбалансировать извне.

В отечественном приёмнике высокой категории Radiotehnika T-7111 смеситель УКВ-блока построен на ИМС К174ПС1. На радость, применён внешний гетеродин с симметричной подачей сигнала. К сожалению, подача гетеродинного сигнала на нижний ДУ вернёт схему в простую категорию с малым ДД верхнего двойного ДУ, поэтому в мега-

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

полисе приёмник будет безнадёжно перегружен.

4.3. Гетеродинный сигнал — размах имеет значение

В ДУ без ООС резко изменится режим при разностном сигнале размахом более 40 мВ. При разнице напряжения между базами более 150 мВ один из транзисторов остаётся практически без тока, а у другого наблюдается ток двухкратный по сравнению с током покоя. Но в отличие от однотранзисторных каскадов, это ограничение можно организовать с высокой симметричностью и тем самым подавить чётные гармоники. Работа ДУ в ключевом режиме обеспечит крайне короткие фронты, такой "цифровой" режим достигается при противофазном сигнале на базах размахом 700 мВ (синус) или 200 мВ для импульсного сигнала. Однако полное подавление фазовых шумов для узлов эталонного качества требует в два раза большего размаха. Дифференциальные ограничители хорошо работают до частоты 10 % от граничной частоты транзисторов в схеме с ОЭ, если коллекторная нагрузка низкоомная или с резонансном на заметно отличающейся промежуточной частоте (ПЧ). Для большинства узлов на ИМС К174ПС1 лучший компромисс по ключевому режиму и подавлению сигналов на гармониках гетеродина на выходе имеется при разностном размахе синусоидального сигнала 300...400 мВ на верхнем двойном ДУ. Жёсткий ключевой режим выгоден тем, что влияние нарушения баланса в ДУ очень мало по сравнению с размахом сигнала, и подавление сигнала гетеродина зависит в основном от симметрии самого импульсного сигнала. По этой причине в качественных узлах между буфером гетеродина и балансным смесителем устанавливается ФНЧ, после которого имеется чистый симметричный синусоидальный сигнал с большим размахом.

Если подавать гетеродинный сигнал размахом 20...60 мВ, смеситель не выходит из режима аналогового линейного перемножителя. Полезным эффектом будет формирование на выходе только сигналов ПЧ (в том числе и от зеркального канала), а сигналы вблизи гармоник гетеродина малы. Однако $K_ш$ смесителя в таком режиме может достигать 14...20 дБ только по этой причине. К тому же балансировка может легко нарушаться сильным сигналом на другом порте, и появятся побочные эффекты, такие как преобразование на боковых шумах гетеродина, интермодуляция и кроссмодуляция. Для решения подобных задач лучше было бы применить настоящие аналоговые перемножители (140МА1, 525ПС1, 525ПС2, MC1596, AD539, AD834, AD835, CA3080, CA3280, LT1228).

Вопреки многочисленным примерам в документации и из публикаций, целесообразно подавать гетеродинный сигнал на верхний этаж с разностным размахом 300...600 мВ (синус), установив тем самым ключевой режим. Получается кросскоммутатор, который почти без опасных для линейности переходных процессов "перекладывает" токи из нижнего этажа к коллекторам, и линейность смесителя будет зависеть исключительно от работы ДУ на нижнем этаже. Это была изначальная задумка при разработке этой ИМС 50 лет назад, и её нужно придерживаться для достижения качественных решений. Подавление сигнала гетеродина настроится на нижнем этаже с помощью равенства токов покоя. В отличие от "ровесника" ИМС ТСА240, транзисторы в ИМС К174ПС1 имеют малый разброс параметров на одном кристалле.

4.4. Подача сигнала гетеродина для получения ключевого режима

При ключевом режиме взаимосвязь транзисторов в ДУ происходит только во время фронтов и ДУ имеет малое входное сопротивление в этих наносекундных промежутках времени. В остальное время источник гетеродинного сигнала должен удержать проводящий транзистор в этом состоянии.

Кажется, что лёгким решением может быть вариант с простой обмоткой связи с малым импедансом, и это в документации так предлагают. Но так как при ключевом режиме нет замкнутой цепи через транзисторы с низким импедансом для тока за всё время периода, активные два транзистора в верхнем этаже получают базовый ток через резистор смещения. На **рис. 5** показано протекание токов сигнала гетеродина при положительной полуволне на выводе 8.

Ток от обмотки связи I1, в основном в **виде I2, протекает через резисторы сме**щения. В зависимости от частоты и тока покоя токи базы активных транзисторов могут иметь значение 5...200 мкА

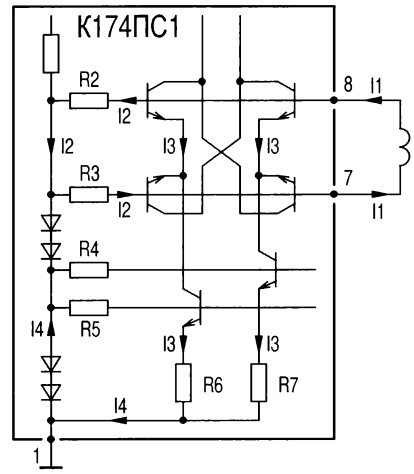


Рис. 5

(I3), и они уходят через нижний ДУ, замыкаются обратно по цепи через диоды в узле смещения и резистор R3. То есть во время крутого участка фронта сигнала и при выходе из него процесс переключения замедлен и зашумлён из-за резистора R3 (или R2) и диодов. А если подавать синусоидальный сигнал гетеродина, то добавка фазовых шумов гарантирована.

У этих диодов ток покоя — 0,25...1 мА, и их динамическое сопротивление принимает значение более 100...25 Ом на один диод. То есть ток I4 в интервале 5...200 мкА может привести в точке соединения резисторов R4 и R5 к пульсациям напряжения 250 мкВ...40 мВ, в зависимости от частоты и тока покоя. Эти пульсации не будут влиять на нижний ДУ, если он имеет на своём входе абсолютно симметричную подачу сигнала. То есть подача сигнала гетеродина от одной простой обмотки связи не сочетается с несимметричной подачей радиосигнала.

На **рис. 6** показана схема подачи сигнала от симметричной обмотки связи с заземлённым по переменному току средним отводом.

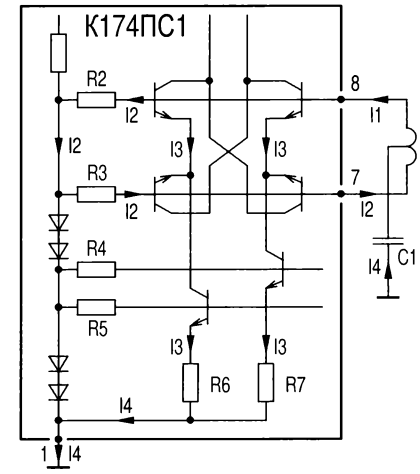


Рис. 6

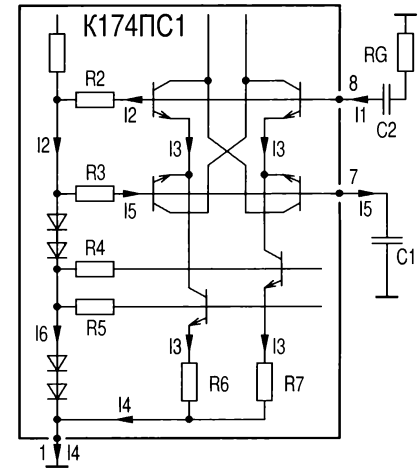


Рис. 7

В этом варианте подачи диоды узла смещения и резисторы R2, R3 не участвуют в процессе протекания тока, фазовые шумы не увеличиваются. Почти не поступают пульсации на нижний ДУ (по мере его усиления по току), и можно подавать радиосигнал несимметричным способом. Конденсатор C1 дополнительно подавляет шумы узла смещения и пульсации от нижнего ДУ, если

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

несимметричный сигнал большого размаха проходит через резисторы R4 или R5.

Всегда спорное решение — это подача гетеродинного сигнала на один вход, соединив другой по переменному току с общим проводом, на **рис. 7** показаны токи при положительной полуволне на выводе 8.

Существенная часть тока гетеродина I1 уходит через резистор R2, а токи баз открытых транзисторов уходят через нижний ДУ на общий провод. Диоды имеют суммарное дифференциальное сопротивление 100...400 (50...200) Ом в точке соединения резисторов R2, R3 (R4, R5). Поэтому в этих узлах имеется существенная пульсация напряжения с частотой гетеродина. Если это для верхнего этажа не вредит из-за блокировки другого входа, то для нижнего ДУ это фатально при несимметричной подаче радиосигнала на него. И в этом варианте обязательно нужно подавать сигнал на нижний ДУ строго симметрично. Чтобы этот узел работал хорошо, нужно чтобы импеданс гетеродина (R_G) был существенно меньше резистора R2 (R3), так как они шумят при заходе и выходе из крутого участка фронтов, как и шумы диодов, а R_G шунтирует эти шумовые ЭДС.

Смесители на основе ячейки Гильберта хорошо стыкуются с ИМС технологии ЭСЛ, выходной размах сигнала ЭСЛ-элементов бывает в интервале 400...700 мВ. Короткие фронты идеально снизят интермодуляцию от переходных процессов. Делитель частоты ИМС К193ИЕ1 с малым энергопотреблением хорошо может состыковаться со смесителем на ИМС К174ПС1 (К174ПС4) для получения гетеродинного сигнала в диапазоне частот 30...200 МГц с ФАПЧ без отдельного буферного каскада. В узле выходных эмиттеров ЭСЛ-элемента нужно установить резистивный аттенюатор, который согласовывает его с линией на печатной плате и подаёт на смеситель два противофазных, симметричных, импульсных сигнала размахом по 100...150 мВ. Непосредственно от выходных эмиттеров делителя К193ИЕ1 можно отобрать сигнал к системе ФАПЧ.

Подачу сигнала гетеродина с выхода логических КМОП-элементов легко осуществить через резистивный делитель. При подаче симметричного сигнала с выходов таких элементов нужно всё равно обеспечить низкий блокировочный импеданс на входе ДУ (пример далее). Логические элементы ТТЛ менее пригодны для формирования сигнала гетеродина, так как выходные импульсы могут иметь существенные искривления и размах сигнала зависит от многих обстоятельств, а фазовые шумы плохие. ИМС с логическими элементами нужно блокировать по питанию не только для импульсов, а ещё по НЧ-шумам, чтобы помехи не проникли в спектр преобразованного сигнала.

4.5. Подача на ДУ сигнала размахом менее 10 мВ

При отсутствии межэмиттерной ООС и допустимом штатном размахе до 10 мВ между базами ДУ практически все популярные способы подачи одинаково хорошие, и можно использовать простые схемные решения. Но тут часто забывают о важном условии, что не должно быть помех и посторонних сигналов с размахом более 10 мВ, даже кратковременных. На практике это редко реализуемо, и такие простые приёмники практически не пригодны для работы с большеразмерными антеннами, в чём владельцы приёмников на ИМС NE612 в первом смесителе регулярно убеждаются. Но в качестве второго смесителя в тракте после узкополосного фильтра это вполне рабочий вариант в приёмниках средней категории, если системой АРУ охвачены УВЧ и УПЧ первой ПЧ.

Внутри аппаратуры также имеется ряд источников помех, мимо влияния внешних полей. Поэтому стоит пользоваться важным свойством ДУ — подавлением синфазных помех. Самый простой вариант подачи входного сигнала — использование обмотки связи входного колебательного контура, и в официальной документации это указано. Но если вспомнить об успешном построении гетеродина на ДУ нижнего этажа, то такое подключение похоже на подобное. В реальности такое подключение чревато тем, что обмотка связи с индуктивностью доли микрогенри "найдёт" себе с ёмкостями транзисторов и проводников на печатной плате тот самый колебательный контур на частотах УКВ или СВЧ и ДУ превратится в УКВ-гетеродин, чем приёмник может много чего побочного выловить из эфира. Поэтому стоит предусмотреть установку параллельно такой обмотке (рядом с ней) резистора сопротивлением 0,5...3 кОм, который гасит добротность индуктивности обмотки на УКВ и СВЧ. Встроенные в ИМС резисторы в этом случае могут быть бесполезны, так как добротный УКВ-контур находится в другом месте на печатной плате, и нужно гасить добротность именно там. Можно последовательно с этим резистором установить конденсатор ёмкостью 10...100 пФ, чтобы не уменьшить амплитуду полезного сигнала на частотах намного ниже. Обычно ДУ и смесители при таком самовозбуждении загадочно шумят, и при прикосновении к ним пальцем получается чистый приём. При применении в КПИ входного контура ферритовых магнитопроводов с рабочей частотой до 2 МГц такой опасности нет, такие ферриты имеют плохую добротность на УКВ.

4.6. Подача на ДУ сигнала с большим размахом

ИМС серий AD831, AD8342 и MC1496 (но не К526ПС1) изначально разработаны для работы с большим размахом радиосигнала по напряжению, у них в нижнем ДУ предусмотрены существенные сопротивления межэмиттерной ООС. Качество работы зависит ещё от допустимого размаха напряжения на базах, при котором транзисторы остаются в линейном режиме и их нелинейные ёмкости не проявятся вредным образом. В этом плане ИМС К174ПС1 и К526ПС1 упрощены из-за двух диодов смещения между этажами (VD1, VD2).

У нижнего ДУ в ИМС К174ПС1 при уменьшении напряжения на базе есть предел напряжения +0,5...+0,6 В, при котором эмиттерный ток станет нулевым. При увеличении входного напряжения выше смещения имеется нехорошая ситуация перекоса напряжений между этажами. При штатном напряжении смещения на базах +2,6...2,8 В у верхнего этажа на коллекторах нижнего этажа устанавливается напряжение +1,9 В, и при смещении баз нижнего этажа +1,4 В практически не остаётся свободы для сигнальных пиков в положительную сторону. Аналогичная ситуация имеется в ИМС К526ПС1.

По измерениям на частоте до 20 МГц допускается подача сигналов размахом до ±100 мВ на базы в отдельности (это разностный сигнал размахом 400 мВ), чтобы искажения остались ниже –60 дБ по причинам, связанным с напряжениями и ёмкостями у транзисторов.

В отличие от малосигнального режима, здесь простая обмотка связи от входного LC-контура к входам даёт сбой, так как от простой обмотки связи формируется только один единый общий ток, а чтобы это работало с большим размахом, транзисторы должны получать из источника сигнала разные токи в базы. Следовательно, при простой обмотке её ток, от которого "отказался" один транзистор, должен обходить этот полузакрытый транзистор через резистор смещения, и тогда действующему транзистору сигнал достаётся с импедансом источника и в добавку импедансом резистора смещения. В результате получаются "скрытый" аттенюатор и дополнительные шумы. Поэтому для подачи сигнала с помехами с большим размахом на ДУ с ООС нужно создать встречно-параллельную подачу сигнала к базам. Классический способ — симметричная обмотка связи с блокировкой (заземлением) среднего отвода. При сильной магнитной связи частей симметричной обмотки к базам попадают ровно противофазные напряжения, но токи забираются транзисторами "по потребности", напрямую из обмотки, без обхода через резисторы смещения. Таким образом, транзисторы всегда подключены на "правильный" по шуму импеданс, и реализуется максимальный ДД. Мало того, конденсатор блокировки ещё уменьшит НЧ-шум из узла смещения, который мог бы попасть в спектр выходного сигнала смесителя.

Альтернативно можно подать на ДУ сигнал из симметричного ёмкостного делителя напряжения и полностью избежать опасности самовозбуждения на УКВ и СВЧ. На **рис. 8** в качестве примера показана схема SSB-демодулятора для работы после УПЧ с коллекторным выходом (p-n-p транзистор или ИМС К174ХА2).

Использованный ЭМФ образует во входном индуктивном преобразователе интермодуляцию IM_3 на уровне –40 дБ при размахе двухтонального сигнала 1200 мВ, и для служебной связи этот уровень искажений считается допустимым для полной разборчивости речи. При размахе 1,2(0,7/0,4) В

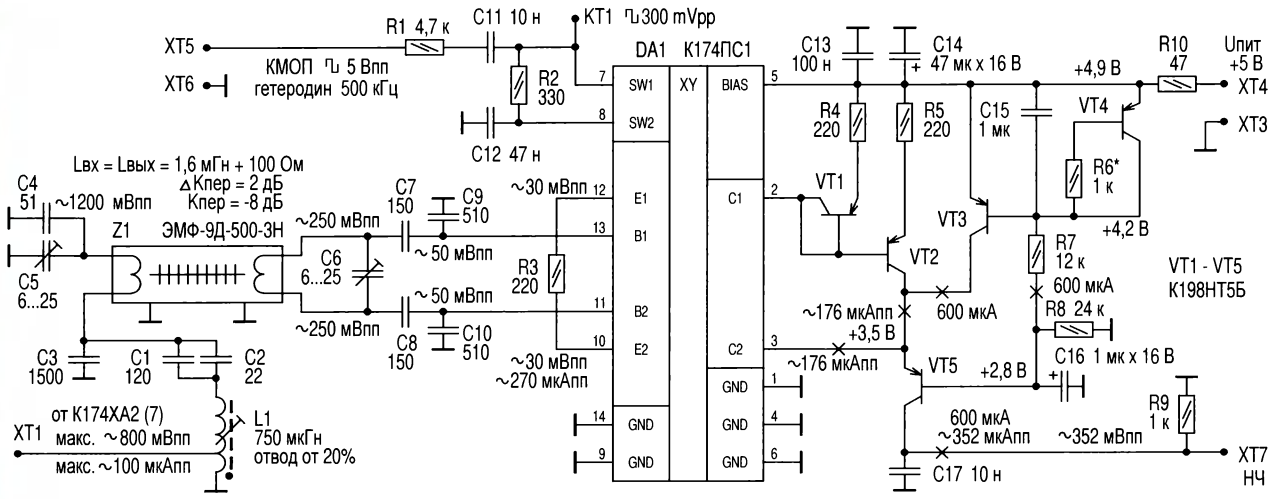


Рис. 8

многотонального SSB-сигнала на входе ЭМФ имеется на его выходе IM_3 = –40(–50/–60) дБ. В документации на ЭМФ этой категории указано предельно допустимое напряжение 1 В, но без уточнения обстоятельств. Сказанное также имеет место для сигналов в полосе ±50 кГц относительно полосы пропускания, и продукты интермодуляции могут попадать в полосу пропускания. Этому свойству редко уделяют внимание при применении ЭМФ в сочетании с широкополосным кварцевым фильтром в первой ПЧ. В этой схеме ЭМФ ограничит ДД, и предложенный SSB-демодулятор имеет более хорошее качество. Многие конструкторы неправильно стыкуют УПЧ, фильтр и демодулятор, от чего получаются то шумы, то искажения и легко можно испортить дорогой в остальном приёмник.

Если предполагать затухание сигнала в этом ЭМФ 8 дБ (в спецификации $K_{пер}$ > 0,18, типично $K_{пер}$ = 0,35...0,45), то на выходных клеммах ЭМФ будет 500 мВ на нагрузке 75 кОм или по 250 мВ противофазно на клеммах ЭМФ при симметричном включении относительно общего провода. Ёмкостные делители C7C9 и C8C10 делят выходное напряжение ЭМФ на пять, и на входы смесителя (выводы 11 и 13) поступает сигнал размахом по 50 мВ. Межэмиттерная ООС (220 Ом) с запасом соответствует этому по линейности, и смеситель нагрузит ёмкостный делитель примерно на 4 кОм, АЧХ фильтра выстраивается с наименьшей неравномерностью, типично менее 2 дБ (**рис. 9**).

Ёмкостные делители позволят согласовать разные ЭМФ с изолированной индуктивностью преобразователя для идеальной формы АЧХ. Схему можно адаптировать по уровню сигналов, изменив R_{ooc} и меняя коэффициент деления ёмкостных делителей. Симметричная подача сигнала через ёмкостные

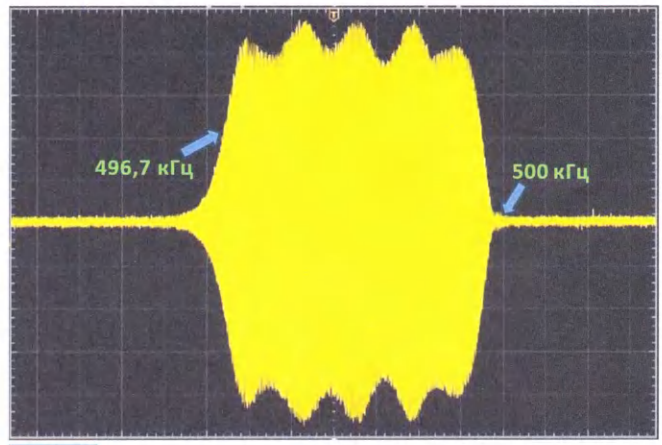


Рис. 9

делители очень помехоустойчивая и подавляет прохождение сигнала в обход ЭМФ при несимметричной подаче сигнала на его вход, снизит шум от транзисторов нижнего этажа в области гармоник гетеродина.

В верхнем этаже сигнальный ток НЧ-сигнала из одного коллектора составляет максимально ±88 мкА, токи противофазны. На транзисторах VT1, VT2, VT5 (транзисторная сборка К198НТ5Б) осуществляется сложение токов. Конденсатором C17 подавляется остаточная ВЧ-пульсация, он не ограничит полезный ЗЧ-спектр. Транзисторы VT1 и VT2 включены как зеркало тока и работают на выход C2 от ИМС К174ПС1. В эмиттер транзистора VT5 поступает сигнальный ток с максимальным размахом ±176 мкА и вызывает на нагрузке сопротивлением 1 кОм размах напряжения 352 мВ. Чтобы через транзистор VT5 всегда протекал ток, ему нужен ток покоя, который генерируется транзисторами VT3 и VT4 с малым шумом за счёт конденсатора C15. Резистором R6 устанавливают ток покоя в интервале 0,5...0,7 мА для транзистора VT4. Напряжение на эмиттере транзистора VT5 должно быть среднее между напряжением смещения на входах смесителя SW1, SW2 и на коллекторе транзистора VT1, это корректируют подборкой резисторов R7, R8.

Этот демодулятор элегантно решит вопрос с постоянным током в узле подачи ПЧ-сигнала. ЭМФ лучше не нагружать постоянным током, чтобы не нарушить подмагничивание преобразователя, что снижало бы допустимый размах сигнала по параметру интермодуляции. На отвод входного LC-контура L1C1C2 поступают сигнальный ток ±50 мкА и ток покоя 650 мкА. Это ровно то, что ИМС К174ХА2 качественно выдаёт с искажениями ниже –60 дБ. Установка ЭМФ на стыке УПЧ к SSB-демодулятору устранит зашумление пустым зеркальным каналом УПЧ и принципиально снизит фоновый шум на половину, подобного не хватает многим приёмникам. Перед первой секцией в составе ИМС К174ХА2 (УВЧ+смеситель) установлен узкополосный кварцевый фильтр, и на выходе смесителя установлен двухконтурный LC-фильтр на частоте 500 кГц к входу секции УПЧ. Основная селекция SSB-сигнала происходит в кварцевом фильтре на высокой ПЧ.

В этом примере гетеродин на частоту 500 кГц был собран на ИМС 74AC4060 (КМОП) с кварцевым резонатором на частоте 8 МГц и сигнал снимался после деления частоты на 16. К сожалению, эта ИМС не попала в отечественную номенклатуру КМОП ИМС (как и

74AC4040). На выходах этих многоступенчатых делителей частоты имеется строго симметричная форма импульсов, и это позволит при подаче на один вход верхнего этажа смесителя всё равно получать хорошее качество с минимальным уровнем вредных спектров. На вход верхнего этажа поступает импульсный сигнал размахом 300 мВ (КТ1).

Дальнейшему увеличению допустимого размаха входного сигнала мешает действие встроенных в ИМС эмиттерных резисторов. При увеличении межэмиттерного сопротивления R_{ooc} эти резисторы также существенно участвуют в образовании усиления. Это принципиально не меняется, если увеличить ток эмиттеров простой установкой резисторов между эмиттерами и общим проводом (более 240 Ом на один эмиттер), как на это намекают в документации.

4.7. Увеличение допустимого размаха сигнала

Штатная схема стабилизации напряжения смещения нижнего ДУ с помощью двух диодов хороша для автономной аппаратуры, и эта ИМС не требует особой стабилизации питания (в отличие от ИМС серий МС1496 и К526ПС1). Однако такое решение для нижнего ДУ вызывает дрейф тока покоя примерно –0,3 %/К. Это может быть критично при подаче сигнала на эмиттеры. При подаче сигналов на базы это слабо повлияет на работу, зато стабилизирует значение $h_{21э}$ по температуре и входное сопротивление ДУ в бюджетных узлах. Увеличению допустимого размаха сигнала на базах мешает фиксированное смещение диодами, это они не дают "разгуляться" напряжению между этажами. Если применить глубокую ООС между эмиттерами нижнего ДУ, нет смысла в стабилизации $h_{21э}$ и можно отказаться от жёсткой привязки к двум диодам.

Схемным решением, показанным на **рис. 10**, устранены главные проблемы. Здесь применено внешнее напряжение смещения в обход диодов, вывод 5 узла смещения не используется.

Решение на увеличение тока покоя до 2,5 мА по эмиттерам имеет несколько обоснований. При токовом пике в этот момент более активный транзистор приближается к режиму с минимальной интермодуляцией. Через резисторы R21 и R22 устанавливается дополнительный ток покоя по 1,9 мА, и эти токи ещё протекают через дроссели L20, L21. Мало того что эти дроссели не дают резисторам участвовать в усилении, эти дроссели дают эмиттерам свободу по напряжению следить за напряжением на базе, и проблема сохранить правильные токи и напряжения при отрицательной полуволне на 75 % устранена, остаточное вредное влияние встроенных резисторов сопротивлением по 1,4 кОм уже не устранить. Не зря в отечественных интерпретациях этой ИМС были увеличены номиналы встроенных резисторов.

Внешним узлом смещения был увеличен потенциал для верхнего ДУ от штатного значения +2,6...2,7 В до +3,4 В и нижнему ДУ прибавлено 200 мВ с новым смещением +1,6 В. Поэтому подача на базы нижнего ДУ сигнала размахом по ±400 мВ не приведёт к перекосам по потенциалам и режимам. Подача гетеродинного сигнала из симметричной обмотки связи (или Balun) с блокировкой обеспечит напряжение на эмиттерах верхнего этажа выше +2,7 В, и полуволны гетеродинного сигнала вызывают исключительно положительную пульсацию на общих эмиттерах.

Чтобы нижний ДУ смог преобразовать такой большой входной размах в противофазные токи, нужен межэмиттерный резистор сопротивлением 820 Ом, через который ДУ перекачивает в полуволнах сигнальный ток ±2 мА между транзисторами и дросселями. На частотах до 10 МГц входной импеданс определяется встроенными резисторами смещения R4, R5 и составляет 4...6 кОм. Если уменьшить сопротивление резистора R20 до 75 Ом, получается общий межэмиттерный импеданс 100 Ом, и при токе покоя по 2,5 мА можно на базы подавать сигнал размахом по 200 мВ (400 мВ разностный). Входной импеданс будет заметно ниже, примерно 3...0,5 кОм для частот 1...100 МГц. Паразитные ёмкости транзисторов при размахе сигнала ±100 мВ не влияют на искажения, даже на УКВ. Таким образом, этот смеситель уже приближается к качеству диодных смесителей при меньшем энергопотреблении, наличии усиления, отличной развязке портов. Наличие дросселей в эмиттерных цепях позволяют адаптировать схему с R_{ooc} в широких пределах.

Сигнальный противофазный ток коллекторов нижних транзисторов составляет по ±2 мА, и для спектра ПЧ на выходных коллекторах это образует размах тока по ±1,3 мА к выходному ПЧ-фильтру. При малом напряжении питания нужно тщательно подобрать нагрузку, чтобы верхний ДУ не зашёл в насыщение. В этом примере выбрано напряжение питания +5,6 В, и резонансная нагрузка на одном коллекторе должна быть сопротивлением не более 1 кОм, что вызывает неопасный размах сигнала до ±1,3 В на одном коллекторе. Тогда при ООС с R20 = 820 Ом получается усиление не менее $K_{пер}$ = 2,5 (8 дБ) по напряжению (с учётом резисторов R6, R7 по расчёту — 11 дБ).

При адаптации на другое напряжение питания подборкой резистора R30 надо установить ток 1,27 мА. Напряжение питания менее +5 В не стоит рассматривать, так как это затрудняет построение выходного узла и получение значимого усиления. Светодиод должен стабилизировать напряжение +1,8 В, и незначительное несоответствие можно скорректировать резистора-

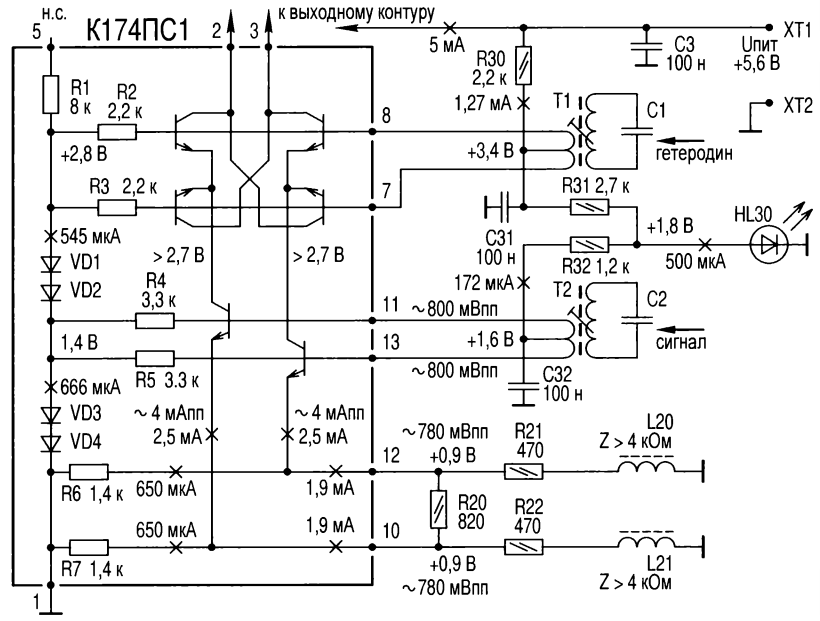


Рис. 10

выходных коллекторах это образует размах тока по ±1,3 мА к выходному ПЧ-фильтру. При малом напряжении питания нужно тщательно подобрать нагрузку, чтобы верхний ДУ не зашёл в насыщение. В этом примере выбрано напряжение питания +5,6 В, и резонансная нагрузка на одном коллекторе должна быть сопротивлением не более 1 кОм, что вызывает неопасный размах сигнала до ±1,3 В на одном коллекторе. Тогда при ООС с R20 = 820 Ом получается усиление не менее $K_{пер}$ = 2,5 (8 дБ) по напряжению (с учётом резисторов R6, R7 по расчёту — 11 дБ).

При адаптации на другое напряжение питания подборкой резистора R30 надо установить ток 1,27 мА. Напряжение питания менее +5 В не стоит рассматривать, так как это затрудняет построение выходного узла и получение значимого усиления. Светодиод должен стабилизировать напряжение +1,8 В, и незначительное несоответствие можно скорректировать резистора-

ми R31, R32. Схема разработана с учётом токов баз транзисторов около 25 мкА при токе эмиттеров по 2,5 мА.

Такую схему на К174ПС1 с большим ДД при относительно высоком импедансе источника сигнала хорошо использовать как второй смеситель в старых приёмниках. В качестве первого смесителя будет сложно организовать узел переключения входных фильтров при импедансе узла в сотни ом.

Но как ни стараться, при подаче сигналов на базы ДУ остаются некрасивым моментом проблемы шума, а при переводе нижнего ДУ в схему с ОБ можно решать вопрос по шуму, да ещё без ущерба по ДД.

(Окончание пятой части следует)

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru
РАДИО № 3, 2025

К 125-летию радиосвязи на Российском Военно-морском флоте

Летопись Гогландской эпопеи: зимняя одиссея А. С. Попова и П. Н. Рыбкина на рубеже веков

Е. РЫБКИНА, г. Санкт-Петербург

5 февраля (24 января) 1900 г. мир облетела новость о создании в России первой в мире практической радиолинии "Гогланд—Котка". Это достижение стало результатом труда двух радиотехников — А. С. Попова, П. Н. Рыбкина и их коллег. Работа этой линии ознаменовала начало практического внедрения радио на Русском флоте.

Примечание. Все даты в статье указаны по новому стилю, в скобках приводится соответствующий день по старому стилю.

1899 год

25 (13) ноября 1899 г. в 3 ч 32 мин вследствие навигационной ошибки броненосец береговой обороны "Генерал-адмирал Апраксин", следовавший из Кронштадта в Либаву на зимовку, наскочил на прибрежные камни о. Гогланд в Финском заливе.

27 (15) декабря капитан 2-го ранга Николай Дмитриевич Дабич, заведующий Минным офицерским классом в Кронштадте, пригласил к себе Александра Степановича Попова и Петра Николаевича Рыбкина. С торжественным видом он объявил им: *"Могу вас обрадовать, господа,* — сказал он, — *наконец-то, вы получаете возможность не только провести опыты в более широких масштабах, но и послужить на славу нашего родного флота..."*.

И он вручил учёным предписание Морского министерства. А. С. Попов и П. Н. Рыбкин внимательно изучили документ, в котором лаконичными строками излагалась задача: организовать беспроводную телеграфную связь между местом аварии броненосца и материком. В заключение сообщалось, что на эту экспедицию ассигновано десять тысяч рублей.

Для руководства работами на о. Гогланд управляющий Морским министерством Павел Петрович Тыртов приказал командировать капитана 2-го ранга Иеронима Игнатьевича Залевского.

"Можно взглянуть на карту Финского залива?" — спросил А. С. Попов. Они с П. Н. Рыбкиным склонились над серым листом морской карты, тщательно замеряя расстояния циркулем.

29 (17) декабря последовало отношение Морского технического комите-

Первая в мире практическая радиолиния "Гогланд—Кутсало". Гогландская эпопея с 25 (13) ноября 1899 г. по 25 (12) апреля 1900 г.

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

та в Главный морской штаб о командировании на о. Гогланд И. И. Залевского с просьбой уведомить об этом главного командира Кронштадтского порта, командира Ревельского порта, контр-адмирала Ф. И. Амосова и Финляндского генерал-губернатора.

По прибытии в столицу А. С. Попов и П. Н. Рыбкин незамедлительно отправились к И. И. Залевскому. Его квартира на Мойке впечатляла своим изысканным убранством. Хозяин, слегка прихрамывая из-за мучившего его ревматизма, неторопливо шагал по ворсистому ковру, делясь своими мыслями с коллегами: *"Денег, господа, жалеть нечего. Надо сделать так, чтоб о нас заговорили не только в министерстве, но и в Царском... При благоприятном исходе дела мне обещан доклад Его Императорскому Величеству. А это... сами понимаете, господа..."*.

1900 год

23 (11) января 1900 г., накануне отъезда, А. С. Попов и П. Н. Рыбкин провели ночь в квартире Глафиры Михайловны, матери Рыбкина, расположенной на 18-й линии Васильевского острова. В одной из комнат установили передатчик, в другой — приёмник. Всю ночь пионеры радио занимались подготовкой к предстоящей экспедиции. Утром у ворот их ожидали два извозчика: один доставил А. С. Попова на Финляндский вокзал, другой отвёз П. Н. Рыбкина на Балтийский.

П. Н. Рыбкин и И. И. Залевский выехали из Петербурга скорым поездом и к вечеру уже добрались до Ревеля (современный Таллин). Извозчичья карета быстро промчалась по узким улочкам и остановилась у ярко освещённого входа лучшей гостиницы города, над которым мерцали золотые буквы "Золотой лев".

На следующий день в Ревельском порту на палубу ледокола "Ермак" погрузили тяжёлые элементы составной радиомачты, разборный домик и оборудование. Там к П. Н. Рыбкину и И. И. Залевскому присоединились пятеро плотников и команда опытных радиотелеграфистов.

25 (13) января ледокол "Ермак" покинул Ревель. Пробивая себе дорогу сквозь толщу льда, судно шло малым ходом. Ночью делали остановку.

о. Гогланд

26 (14) января на горизонте показался силуэт Гогланда. Над островом в ясной синеве неба зависло густое белое облако, точно отражающее контуры самого острова. Неожиданно из этого облака проступила яркая радуга. П. Н. Рыбкин, прекрасно осведомлённый в метеорологии, разъяснил изумлённым пассажирам ледокола, что облако сформировалось из испарений острова, а радуга возникла благодаря кристаллам инея.

Едва ледокол бросил якорь, началась разгрузка материалов для строительства станции беспроволочного телеграфа.

Беспроводная телеграфная станция А. С. Попова на о. Кутсало, 1900 г.

27 (15) января П. Н. Рыбкин и И. И. Залевский отправились на поиски подходящего места для постройки радиостанции. Полдня они бродили среди заснеженных скал, пока не выбрали мыс Киппарниеми в южной части о. Гогланда, расположенный примерно в версте к северу от "Апраксина". Высота мыса достигала около 25 м над уровнем моря, а его плоская вершина оказалась идеальной площадкой для установки мачты и домика. Впоследствии этот мыс П. Н. Рыбкин стал называть "телеграфным".

Матросы и рабочие с огромным усилием перетаскивали двадцатиметровые брёвна, предназначенные для радиомачты. Брёвна приходилось поднимать на плечи, преодолевая глубокие снежные заносы и ледяные глыбы. Весь первый день ушёл на транспортировку лишь одного бревна.

Три последующих дня на Гогланде держалась идеальная морозная погода. Кипела напряжённая работа.

28 (16) января на Гогланде начала работу временная радиостанция, смонтированная на ледоколе "Ермак". П. Н. Рыбкин принял от А. С. Попова первые фрагменты радиограмм, переданных радиостанцией о. Кутсало. Антенный провод поднимался с помощью воздушного змея.

о. Кутсало

24 (12) января ранним утром А. С. Попов, тепло попрощавшись с П. Н. Рыбкиным у порога дома матери Рыбкина на Васильевском острове, сел в экипаж и через утреннюю зимнюю мглу неспешно проследовал до Финляндского вокзала, откуда его путь пролегал в г. Котку.

П. Н. Рыбкин (сидит в центре), И. И. Залевский и старший офицер ледокола "Ермак" на палубе ледокола во время экспедиции на о. Гогланд, январь 1900 г.

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

25 (13) января, прибыв на место, А. С. Попов без промедления приступил к делу. Уже вечером того же дня он продемонстрировал свои радиоприборы важным гостям: старшему механику финляндского телеграфного округа, начальнику телеграфной конторы г. Котки и механику первого участка первого телеграфного округа г. Выборга.

За несколько дней до этого, 16 (4) января 1900 г., А. С. Попов совместно с лейтенантом Александром Адольфовичем Реммертом, специалистом в области минного дела, корабельной электротехники и радиосвязи, заключил контракт с финским крестьянином Виктором Брунилой на аренду участка земли на о. Кутсало, расположенного неподалёку от Котки, для строительства станции беспроволочного телеграфа.

28 (16) января радиостанция на о. Кутсало начала свою работу в эфире. В этот день антенна, поднятая на воздушном змее, достигла высоты около 15 саженей (32 м). Тогда же завершилась установка радиомачты высотой 150 футов (46 м). В этот же день начались первые записи в рабочем журнале радиостанции. Эта бесценная реликвия — "Вахтенный журнал № 1 телеграфной станции Котка", заполненный торопливыми карандашными записями А. С. Попова и его команды, хранилась у П. Н. Рыбкина до конца его дней. Обычная тетрадь в линейку, переплетённая в чёрный коленкор, отразила и сохранила все трудности и успехи первых дней работы радиостанции. На о. Кутсало А. С. Попов и его коллеги — А. А. Реммерт, Троицкий и матросы-радисты Кикит, Макаров, Петров, Соколов и Штафетов — провели девять беспокойных суток, пока не установили надёжную двустороннюю и регулярную связь с Гогландом.

Первые записи в этом вахтенном журнале гласили (даты приведены по старому стилю):

- 16 января 1900 г. Котка. В 10 ч 10 мин утра. Начали работать сегодня. Кулаков. Работа производилась со змеем, высота проводника около 15 сажень.
- 16 января 2 ч 03 мин дня. Гогланд, из Котки. Рыбкину. Сегодня работаем второй раз. Попов. Работа с мачты.
- 16 января 3 ч дня. Гогланд. Котка. Рыбкину. Мачта поставлена, высота 30 сажень. Попов. Сейчас будем слушать, работайте фонарём.
- 17 января 9 ч утра. Гогланд. Котка. Рыбкину. Работаем второй день. Попов.
- 17 января 11 ч 05 мин утра. Гогланд. Котка. Рыбкину. Заряжаем воздушный шар. Попов.
- 17 января 2 ч 30 мин дня. Если понимаете, вечером сообщите фонарём, будем смотреть в трубу. Попов.

29 (17) января А. А. Реммерт покинул о. Кутсало, отправившись по делам службы в Петербург. Заведовать радиостанцией на Кутсало был назначен старший унтер-офицер Безденежных. Научное руководство станцией и работу в эфире продолжил осуществлять сам А. С. Попов.

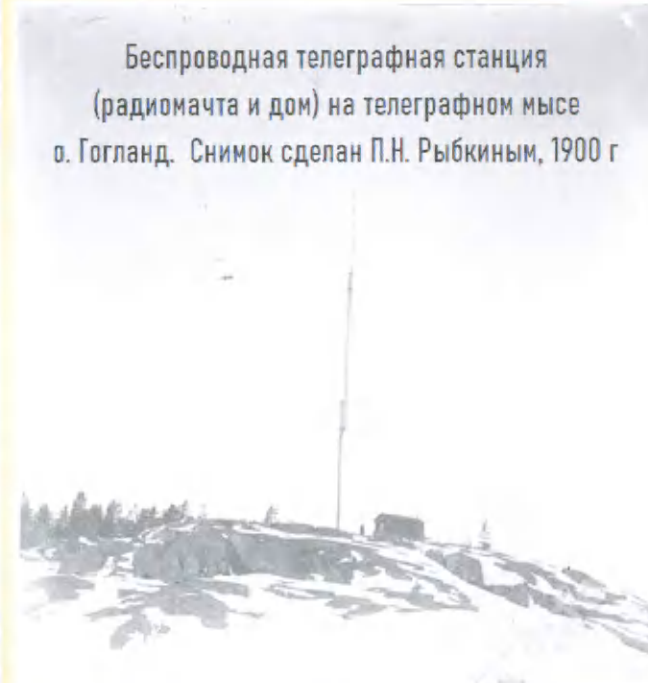
30 (18) января на временной радиостанции, установленной на борту ледокола "Ермак", П. Н. Рыбкин принял первую полноценную радиограмму от А. С. Попова с о. Кутсало. Однако ему не удалось ответить Александру Степановичу. Эфир между островами, казалось, замер в ожидании, оставляя всех в напряжении. Для пионеров радио двусторонняя связь всё ещё оставалась лишь мечтой.

Давайте на мгновение перенесёмся в те далёкие времена, когда практическая радиосвязь на Русском флоте только зарождалась, и я расскажу вам о строительстве станции беспроволочного телеграфа на о. Гогланд. Там, на далёком острове, окружённом ледяными водами Финского залива, зимой 1900 г. разворачивалась настоящая драма человеческих усилий, направленных на создание первой в мире практической радиолинии.

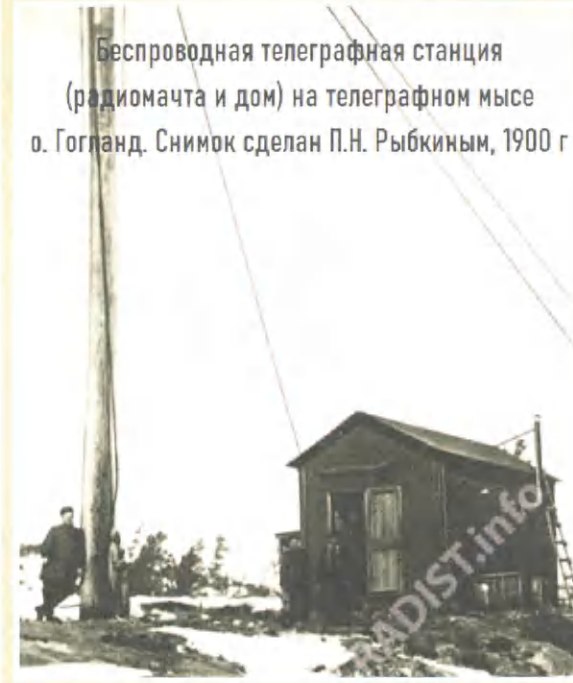
Но перед тем как погрузиться в историю строительства радиостанции на Гогланде, стоит упомянуть о. Кутсало, где в это же время трудился А. С. Попов со своими коллегами. К счастью, их задача была проще — необходимо было установить пятидесятиметровую радиомачту. Им не пришлось начинать с нуля, как команде П. Н. Рыбкина на Гогланде: они использовали на Кутсало уже имеющийся жилой дом, временно арендовав его вместе с прилегающей территорией.

Что касается Гогланда, то всё складывалось совершенно иначе. Здесь не было ничего, кроме гранитных скал, льда и сильного ветра. Нужно было возвести всю станцию беспроволочного телеграфа с нуля, причём в исключительно тяжёлых условиях. Температура воздуха держалась на уровне 18... 20 °С, а путь приходилось прокладывать через огромные ледяные торосы.

28 (16) января началась выгрузка строительных материалов с ледокола "Ермак". Работы проводились силами команды броненосца "Апраксин" и нескольких портовых мастеровых. На те-



Беспроводная телеграфная станция (радиомачта и дом) на телеграфном мысе о. Гогланд. Снимок сделан П. Н. Рыбкиным, 1900 г.



Беспроводная телеграфная станция (радиомачта и дом) на телеграфном мысе о. Гогланд. Снимок сделан П. Н. Рыбкиным, 1900 г.

леграфный мыс о. Гогланд были доставлены разборный дом, заранее построенный в Ревеле по заказу инженер-подполковника Контоковского, и брёвна для радиомачты, которые были приобретены И. И. Залевским в Ревельском порту.

30 (18) января началось строительство телеграфной мачты и станции.

Возведение радиомачты

Мачта состояла из трёх отборных брёвен. Бревно из ели длиной 71 фут (21,6 м) использовалось для стеньги, второе бревно из сосны длиной 60 футов (18,2 м), а третье еловое бревно длиной 42 фута (12,8 м) применялось для брам-стеньги. Монтаж мачты осуществляли пять портовых такелажников под руководством такелажмейстера Петербургского порта штабс-капитана Поздеева. В их распоряжении также были два портовых плотника, занимавшихся сборкой стрел для подъёма мачты и выполнением мелких плотницких задач. Для бурения отверстий в гранитной скале и установки крепежей привлекли шестерых подёнщиков из местных жителей. Дополнительно на три дня были наняты местный кузнец с помощником, которым поручены были заточка стальных ломиков, быстро терявших остроту при работе с гранитом, и ковка железных клиньев для закрепления обухов в скальном основании.

Сборка дома

Шести плотникам, прибывшим из Ревеля, поручили сборку дома. Он был сложен из прочных деревянных брусьев, снаружи обшитых просмолённым шведским толем, а изнутри — серой папкой. Внутри дома сложили кирпичную печь в железном кожухе, пригодную для отопления углём. В каждой комнате имелось окно с двойной рамой. Убранство включало два стола, лежанку для дежурного и пару табуретов.

3 февраля (22 января) радиомачта была окончательно установлена. А на следующий день завершилось и строительство дома.

4 февраля (23 января) П. Н. Рыбкин совместно с телеграфистами Кронштадтского военного телеграфа старшим унтер-офицером Степаном Савиком и младшим унтер-офицером Филиппом Кулаковым, а также минным квартирмейстером Семёном Славновым начал монтаж оборудования Гогландской станции.

Станция была укомплектована следующими приборами:

- Антенна: медная проволока без изоляции, подвешенная на мачте. Вертикальная проекция приёмного проводника — примерно 210 футов (64,8 м).
- Приборы отправительной станции: спираль Румкорфа, прерыватель, телеграфный ключ и коммутатор для включения прерывателя, реостат, омметр, вольтметр и четыре аккумулятора.
- Приёмное оборудование: чувствительная трубка, реле, телеграфный аппарат и сотрясатель. Поскольку приём депеш происходил преимущественно телефоном (на слух), дополнительно использовали индукционную катушку и телефонный приёмник депеш. В другой комнате разместили 14 аккумуляторов.

Таким образом, несмотря на суровый климат, свирепый ветер и непроходимые скалистые берега Гогланда, команда И. И. Залевского и П. Н. Рыбкина совершила настоящий подвиг, завершив строительство станции беспроволочного телеграфа на Гогланде всего за пять коротких зимних дней.

Начало регулярной работы радиолинии "Гогланд—Котка"

5 февраля (24 января) радиостанция на Гогланде начала свою полноценную работу. А. С. Попов и П. Н. Рыбкин приступили к регулярному двустороннему обмену депешами между островами.

П. Н. Рыбкин завершил настройку аппаратуры Гогландской радиостанции и ровно в 9:00 ч, в соответствии с установленным графиком, начал радиообмен с А. С. Поповым, который в это утро прибыл на радиостанцию о. Кутсало. Перед Петром Николаевичем на столе лежал лист с текстом поздравления для отправки депеши Великой княжне Ксении Александровне, августейшей покровительнице броненосца береговой обороны "Генерал-адмирал Апраксин", в связи с её именинами. Радиограмма, завизированная командиром броненосца, содержала следующие строки: *"Её Императорскому высочеству, Великой княгине Ксении Александровне. Апраксинцы поздравляют августейшую именинницу. Капитан 1-го ранга Линдестрем"*.

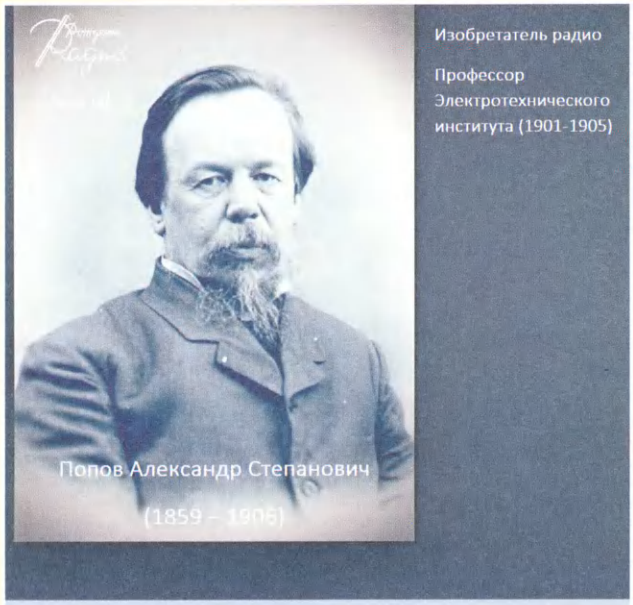
П. Н. Рыбкин уже начал телеграфировать, как вдруг в головных телефонах зазвучали сигналы с Кутсало. Это был А. С. Попов, передающий сообщение от начальника Главного Морского Штаба адмирала Авелана, который приказал командиру ледокола "Ермак" немедленно оказать помощь рыбакам, унесённым в море на отколовшейся льдине неподалёку от о. Лавенсари. Чтобы исключить возможность потери этой депеши, её отправили трижды, убедившись в её приёме на Гогланде. В этот миг П. Н. Рыбкин осознал всю грандиозность момента: впервые в истории человечества радио стало инструментом спасения жизней! Волнение захлестнуло его, но он сумел сохранить сосредоточенность, продолжая выполнять свою задачу.

6 февраля (25 января) в 4:00 ч ледокол "Ермак" отправился в путь, прорезая ледяные просторы Балтийского моря, оставив на Гогланде П. Н. Рыбкина с телеграфистами. В 17:00 ч ледокол вернулся на Гогланд, доставив на своём борту 27 спасённых финских рыбаков. Их лица сияли радостью, ведь они чудом избежали гибели.

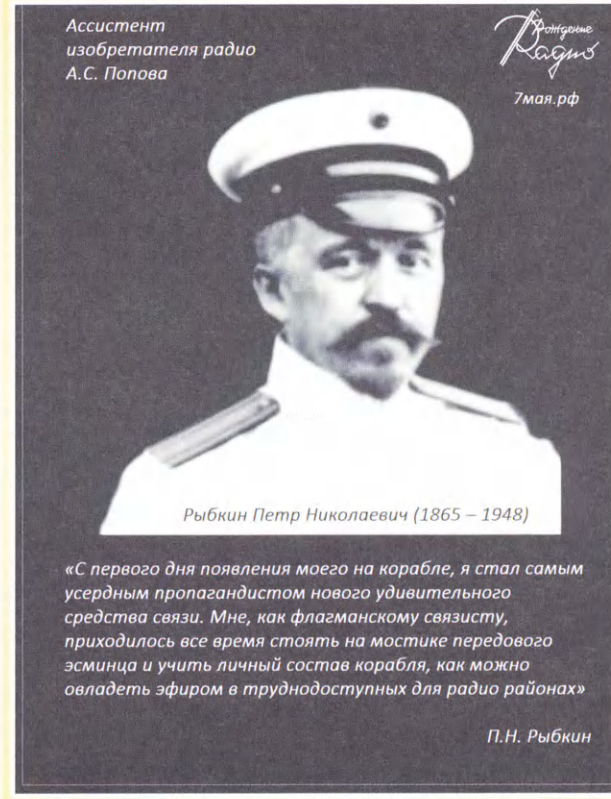
Вечером того же дня лейтенант А. А. Реммерт доложил рапортом в Морской технический комитет об установлении двусторонней радиосвязи между островами.

7 февраля (26 января) начался более уверенный обмен депешами, подтверждая надёжность работы станций беспроволочного телеграфа. Главный командир Кронштадтского порта адмирал Макаров доложил министру финансов Витте о благополучной работе радиолинии "Гогланд—Котка".

Ледокол "Ермак" спасает броненосец береговой обороны "Генерал-адмирал Апраксин" из ледового плена у о. Гогланд, Финский залив, 1900 г.



Александр Степанович Попов (1859—1906).



Пётр Николаевич Рыбкин (1865—1948).

Убедившись, что задачи выполнены, и получив разрешение Морского министерства вернуться в Петербург, П. Н. Рыбкин и И. И. Залевский передали управление радиотелеграфной станцией минному офицеру "Апраксина" лейтенанту Чеглокову и в тот же день покинули о. Гогланд на ледоколе "Ермак". Минный квартирмейстер и два телеграфиста военного телеграфа остались на Гогланде и были переданы в распоряжение командира броненосца "Генерал-адмирал Апраксин".

8 февраля (27 января) А. С. Попов, завершив свои задачи на Кутсало, также отбыл в Петербург.

Высочайшая благодарность

12 февраля (31 января) Император Николай II объявил высочайшую благодарность А. С. Попову за его выдающийся вклад в изобретение и применение беспроволочного телеграфа. Государь также изъявил монаршее благоволение П. Н. Рыбкину, капитану второго ранга И. И. Залевскому и лейтенанту А. А. Реммерту за участие в устройстве радиолинии.

25 (12) апреля броненосец "Генерал-адмирал Апраксин", простоявший пять месяцев у о. Гогланд, был снят с камней.

1 мая (18 апреля) Государь-Император Высочайше соизволил выдать А. С. Попову и П. Н. Рыбкину единовременное вознаграждение за труды по

Стальная мачта и гранитный обелиск с бронзовым барельефом А. С. Попова. Сопка Попова, о. Гогланд. Снимок сделан Е. Ю. Рыбкиной, 12 августа 2022 г.

применению на судах флота телеграфирования без проводов.

Заключение

Радиолиния "Гогланд—Котка" не только способствовала спасению жизней, но и стала отправной точкой для практического введения радиосвязи на флоте и дальнейшей модернизации ВМФ, что позволило ему стать одной из наиболее боеспособных морских сил мира. 125-летие радиосвязи на Русском флоте — повод гордиться нашими предками и их великими свершениями! Россия доказала своё научное и техническое лидерство в этой сфере.

Примечание

Следует обратить внимание на то, что Петр Николаевич Рыбкин (1865—1948), русский радиотехник и ассистент А. С. Попова, сыгравший ключевую роль в устройстве радиолинии "Гогланд—Котка", вместе со своими коллегами строил станцию беспроволочного телеграфа на мысе Кипарниеми (Kipparniemi) в южной части о. Гогланд. Именно этот мыс, имеющий непреходящее историческое значение, стал ареной этих важнейших событий.

Вместе с тем, на о. Гогланд расположена возвышенность, именуемая "Сопка Попова". В советский период, с 1954 г. по 1968 г., там были установлены стальная мачта и гранитный обелиск с бронзовым барельефом А. С. Попова. Однако нужно помнить, что сам Александр Степанович Попов (1859—1906) никогда не был на этом острове, а эта возвышенность не имеет никакого отношения к созданию радиолинии "Гогланд—Котка". Упоминание этого места, лишённого подлинной исторической значимости, только сбивает с толку посетителей о. Гогланд.

Да будет имя каждого, кто трудом своим великое вершил, вписано в скрижали нашей памяти.

Ремонт сетевого шнура утюга SCARLETT SC-339S

А. ШУМИЛОВ, г. Архангельск

Как-то родственник принёс в ремонт утюг SCARLETT SC-339S по причине искрения сетевого шнура в месте выхода из корпуса утюга. Был необходим срочный ремонт устройства, поскольку в семье грудной ребёнок и была необходима постоянная глажка постиранного детского белья.

На первый взгляд, казалось бы, всё очень просто: необходимо вскрыть корпус утюга, обрезать неисправную часть сетевого шнура (обычно 5...10 см) и привинтить к разъёму (или припаять напрямую) оставшуюся исправную часть этого шнура. В утюгах советского производства такая проблема решалась очень просто: отвинчивалось 1—3 крепёжных винта, корпус утюга вскрывался, и сетевой шнур немного укорачивался.

Немного забегая вперёд, скажу, что в указанном выше утюге импортного производства пришлось отвинтить целых одиннадцать(!!!) только лишь крепящих корпус на разных уровнях винтов-саморезов...

Внешний вид ремонтируемого утюга (далее — устройство) показан на **рис. 1**. Необходимые для вскрытия корпуса инструменты показаны на **рис. 2**. К ним относятся две шлицевые отвёртки, одна крестовая отвёртка, одна отвёртка под шестигранник (подходит также шестилучевая звёздочка соответствующих размеров), хирургический зажим и скальпель.

Для разборки корпуса вначале следует немного отклеить с краёв этикетку на нижней части устройства. Там обнаружатся отверстия с крепёжными винтами-саморезами под отвёртку-шестигранник (**рис. 3**). Эти винты-саморезы (винт 1 и винт 2) следует вывернуть. Если винт полностью вывинтить не удаётся, следует применить хирургический зажим, придерживая винт снизу головки, вытаскивая его и одновременно пытаясь работать отвёрткой против часовой стрелки. Далее с помощью скальпеля и, возможно, малой шлицевой отвёртки требуется снять ручку регулятора мощности (**рис. 4**). При снятии ручки регулятора мощности следует иметь в виду, что на этой ручке имеются три защёлки (**рис. 5**), поэтому для облегчения снятия этой ручки хотя бы на одну из этих защёлок желательно нажать. Далее следует крестовой

Рис. 1

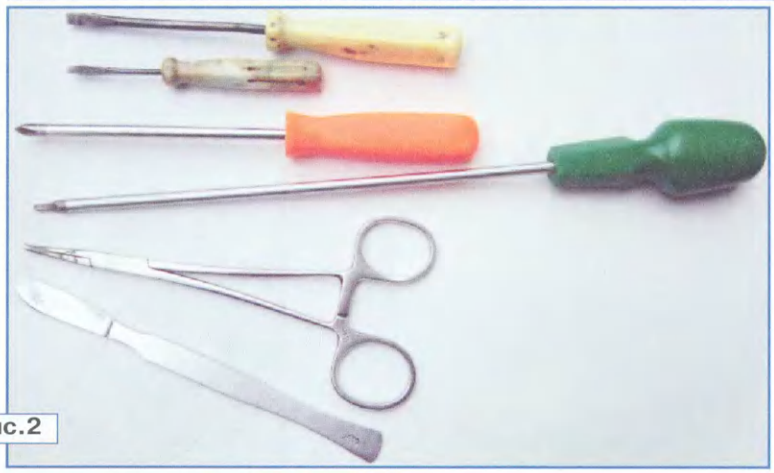


Рис.2

Прием статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Рис. 3

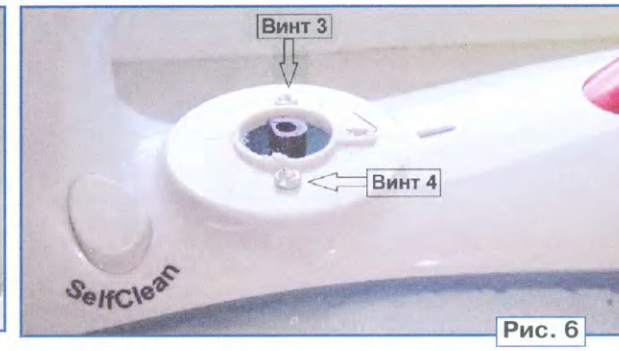


Рис. 6

отвёрткой отвинтить винт 3 и винт 4 под ручкой регулятора мощности (**рис. 6**). Далее той же крестовой отвёрткой отвинчиваем винт 5 снизу ручки-держателя (**рис. 7**). Затем следует открыть заглушку отверстия для налива воды и отвинтить винт 6 (**рис. 8**). Далее следует вынуть синие клавиши подачи пара (рис. 8 и **рис. 9**). Для изъятия этих клавиш следует между корпусом устройства и внешней стороной каждой клавиши вставить скальпель и (или) малую шлицевую отвёртку для нажатия на защёлки этих клавиш. После удаления клавиш подачи пара открывается доступ к винтам 7 и 8 (**рис. 10**). Теперь можно снимать эту часть корпуса вместе с верхней частью ручки-держателя. Для снятия верхней части ручки-держателя с защёлок, скорее всего, придётся воспользоваться скальпелем и (или) шлицевой отвёрткой. После снятия этой части корпуса открывается доступ к винтам 9, 10 и 11 (**рис. 11**). При последующей сборке устройства следует учесть, что винт 11 более длинный, чем винты 9 и 10. После отвинчивания этих винтов и снятия этой части корпуса открывается доступ к винтам 12 и 13 (**рис. 12**), которые закрепляют в держателе сетевой шнур. После отвинчивания этих винтов и снятия держателя сетевого шнура следует отвинтить хотя бы один винт пластикового хомута (на фото не виден), который крепит сетевой шнур непосредственно к этому держателю. Далее открывается доступ к тройной клеммной колодке

Рис. 4

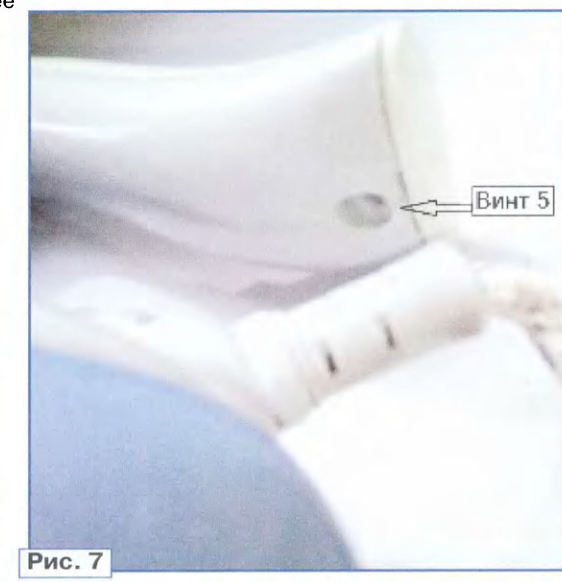


Рис. 7

Рис. 5

Рис. 8

Прием статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Рис. 9

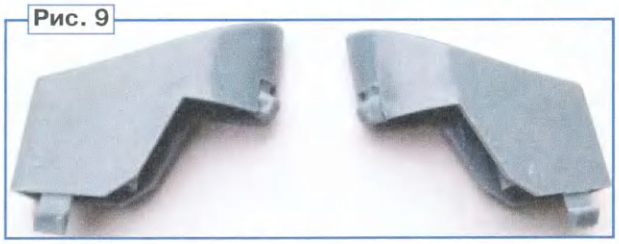
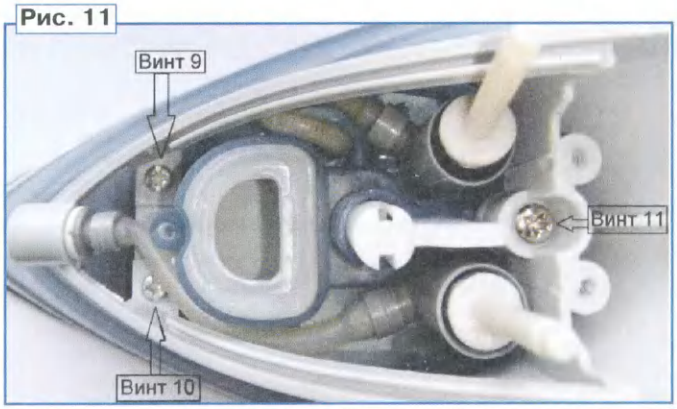


Рис. 11



(**рис. 13**), к которой привинчиваются три провода сетевого шнура. Для снятия этой клеммной колодки потребуется отвинтить ещё один винт-саморез. Далее следует уже с помощью малой шлицевой отвёртки отвинтить три винта, крепящих три провода сетевого шнура к тройной клеммной колодке. После обрезания неисправной части сетевого шнура концы проводов зачищают, облуживают и привинчивают обратно к клеммной колодке. Чтобы не ошибиться при обратном присоединении к клеммной колодке проводов сетевого шнура, их следует до первоначального отвинчивания крепёжных винтов промаркировать по цветам на небольшом контрольном кусочке бумаги.

После короткого контрольного включения устройства в сеть (с целью убедиться в его работоспособности) устройство следует охладить, а затем произвести его сборку. Если есть возможность заменить винты-саморезы (винт 1 и винт 2 — см. рис. 3), имеющие головку под шестигранник, аналогичными под стандартную крестовую отвёртку, следует воспользоваться этим с целью сокращения числа инструментов, применяемых при возможной повторной разборке такого устройства в будущем.

Устройство гальванически связано с сетью 220...230 В. Об этом следует помнить и соблюдать осторожность при его ремонте и наладке. Любые работы по разборке, наладке и сборке устройства должны производиться только после отключения его от сети 220...230 В. ■

Рис. 10

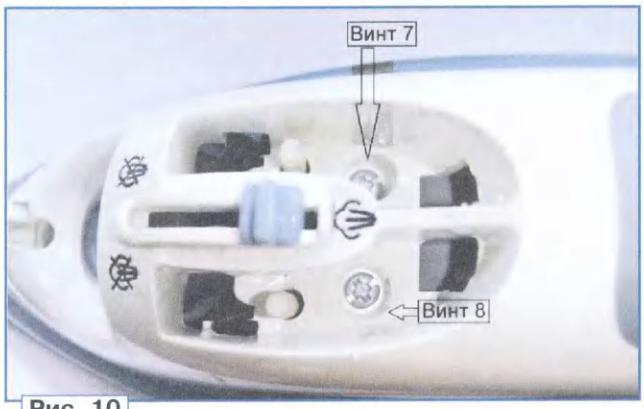


Рис. 13

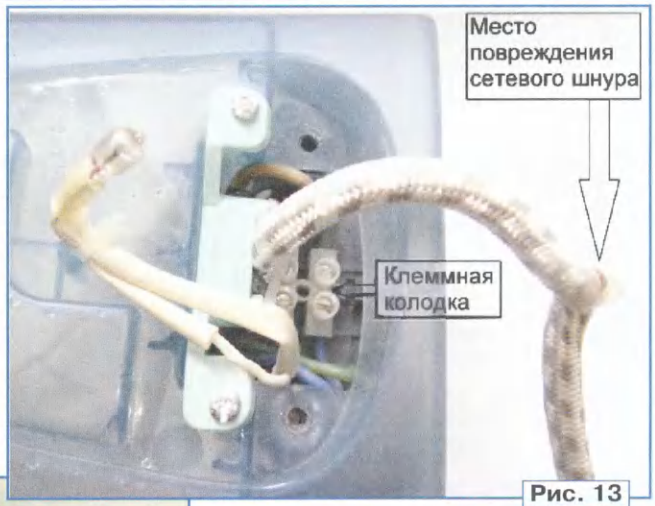
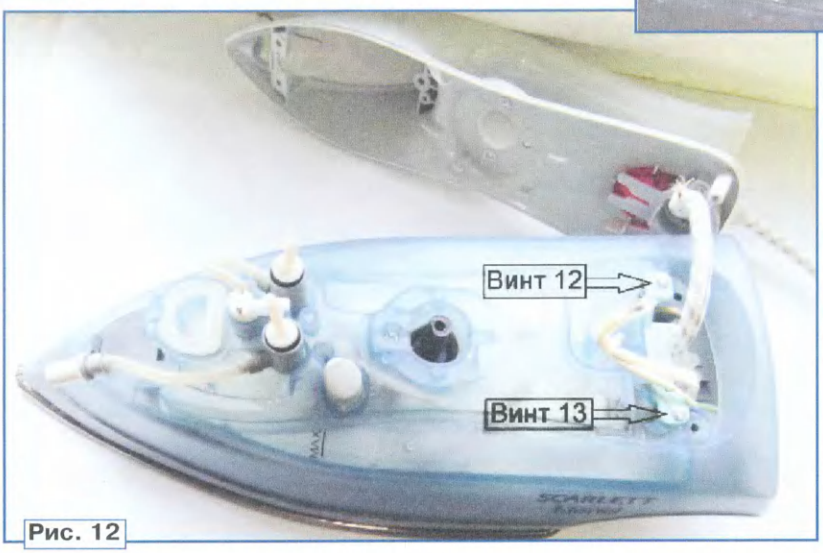


Рис. 12



МОДУЛЬНАЯ РЕКЛАМА

Для Вас, радиолюбители!

Радиодетали, наборы, корпуса, материалы — наложенным платежом.

Каталог по запросу.

426072, г. Ижевск, а/я 1333.

ИП Зиннатов Р. К.

rtc-prometej@yandex.ru

WhatsApp / тел. 8-912-443-11-24

* * *

Пришла весна — купи резистор, транзистор, позистор, симистор, тиристор.... и хватит на всех!

www.radiodetali.perm.ru

Тел: 8-800-201-75-54

* * *

Дистанционные курсы обучения программированию микроконтроллеров STM32, AVR, Arduino, PIC, STM8 и др.

Занятия проводятся по электронной почте или с помощью программы Skype.

Обучение может быть направлено на решение стоящей перед вами задачи.

www.electroniclab.ru/courses.htm

т. +7-912-619-5167

Импровизированная аккумуляторная батарея для ноутбука Pixus Rize 4/64

И. АНДРИАНОВ, г. Измаил Одесской обл., Украина

В начале прошлого года ко мне обратился за помощью один знакомый, который после выхода на пенсию пять лет назад приобрёл ноутбук Pixus Rise 4/64 со встроенной (несъёмной) аккумуляторной батареей. Он нормально работал до лета прошлого года, после чего продолжительность работы от аккумуляторной батареи стала значительно сокращаться. Если после покупки продолжительность автономной работы была 3,5...4 ч, минувшим летом сначала — 2...2,5 ч, потом — 1 ч и меньше. В конце концов батарея практически перестала "держать заряд" и стала "садиться" через 10...15 мин работы. В этом, конечно, ничего удивительного нет, так как батарея исчерпала лимит циклов зарядки. Это я и объяснил своему знакомому, посоветовав питать ноутбук от зарядного устройства. Через несколько дней он в панике позвонил мне и сообщил, что ноутбук раздулся. Я ему ответил, чтобы он немедленно отключил устройство и ждал моего прихода, так как это явно раздулась батарея. Помня о пожароопасности литиевых аккумуляторов, я посоветовал ему положить ноутбук в сухой железный таз и держать его подальше от штор, ковров и других легко воспламеняющихся вещей.

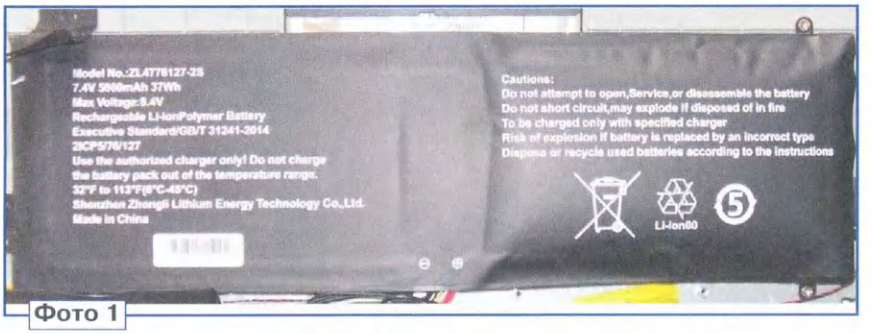


Фото 1

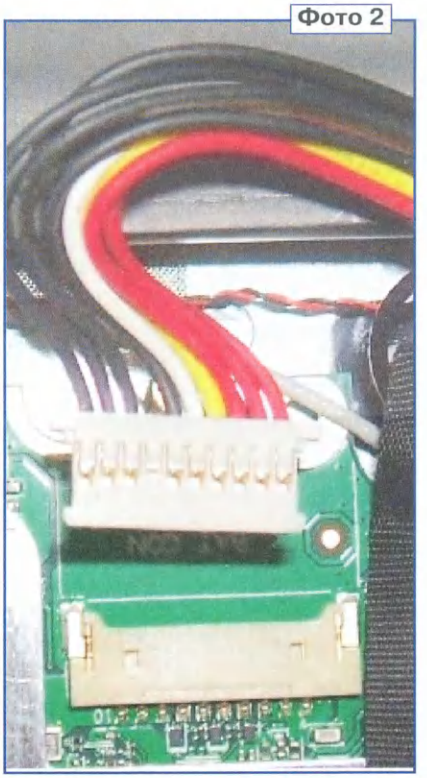


Фото 2

Придя на место происшествия, я обнаружил следующую "картину": ноутбук в одном месте действительно как бы "опух". Отвинтив крепёжные винты (шесть винтов М2×6,7 мм и четыре винта М2×3,1 мм), я снял нижнюю крышку. Внутри была аккумуляторная батарея с маркировкой, показанной на **фото 1**. Эта батарея снабжена девятью проволочными выводами с разъёмом, который подключается к разъёму с маркировкой BAT_COM на материнской плате (**фото 2**). Этот разъём имеет десять посадочных мест для контактов, но один из них, вывод 7, отсутствует. Четыре чёрных провода идут на контакты 6, 8, 9 и 10, три красных провода — на контакты 1—3, белый — на контакт 5, жёлтый — на контакт 4. Общие размеры аккумуляторной батареи — 265×80,5×5 мм, она крепится к корпусу тремя винтами М2×3,5.

После разборки батареи внутри оказались рамка из чёрной пластмассы, два аккумулятора и между ними печатная плата контроллера (**фото 3**). Один из аккумуляторов был раздут (**фото 4**), а второй — нормальный. Плоские выводы каждого аккумулятора припаяны к контактным площадкам платы, обозначенными B+ и B– (с одной стороны) и BM+ и BM– (с другой). Все три красных провода припаяны на плате к площадке P+, все четыре чёрных вывода — к площадке P–, жёлтый провод — к площадке D и белый вывод — к площадке IT.

Было измерено напряжение аккумуляторов, у раздутого оно было 3,8 В, а у нормального — 4 В. На контактах платы P+ и P– аккумулятора напряжение вообще отсутствовало (0 В !), как с подключённым раздутым аккумулятором, так и без него. Поэтому я сначала подумал, что неисправен не только аккумулятор, но и плата контроллера. Раздутый аккумулятор был извлечён из рамки и "упакован" в подходящую по размеру консервную банку и впоследствии утилизирован. Плату контроллера и нормальный аккумулятор я забрал себе для изучения.

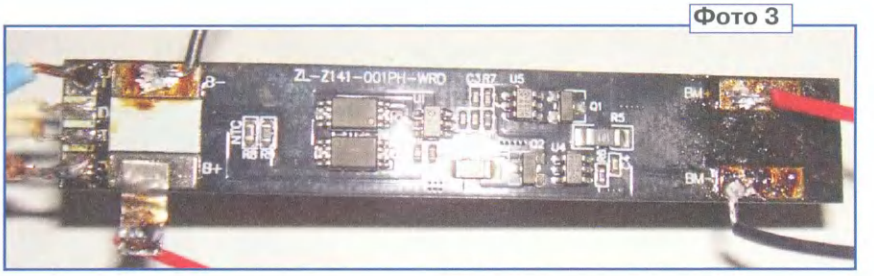


Фото 3

Фото 4

После изъятия аккумуляторной батареи ноутбук был собран и запитан от

Прием статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

штатного блока питания (зарядного устройства). Он заработал вполне нормально, был исправен. Единственная проблема — при каждом включении ноутбука нужно выставлять дату и время, так как в нём нет отдельного элемента питания для микросхемы BIOS.

Поиск аккумуляторов в украинском сегменте Интернета дал следующий результат. Оригинальная батарея для ноутбука Pixus Rise 4/64 стоит 2500...2600 гривен, а идентичный ему по параметрам аккумулятор от ASUS Vivo Book X201 — 750...850 гривен. Различия между ними в том, что в аккумуляторе для ASUS Vivo Book X201 задействованы все десять контактов разъёма, а длина соединительных проводов меньше. Судя по найденной фотографии (**фото 5**), он имеет четыре красных проволочных вывода, а не три.

Фото 5

Знакомый, конечно, расстроился — пенсия у него небольшая, поэтому 2500...2600 гривен для него совершенно неподъёмны, да и 750...850 — тоже проблема. К тому же нельзя гарантировать, что более дешёвая батарея подойдёт. Поэтому было принято решение найти более дешёвую альтернативу.

Вскоре были найдены аккумуляторные батареи с номинальным напряжением 3,7 В и ёмкостью 5000 мА·ч по 200 гривен за штуку, но... диаметром 12...14 мм. Внутрь ноутбука они не поместятся, но можно сделать и внешний блок питания (например, в подходящем корпусе). Но и 400 гривен оказались довольно большой проблемой для личного бюджета пенсионера. Поэтому решение вопроса о замене аккумулятора было отложено.

В конце прошлого года в одном из магазинов я совершенно случайно наткнулся на аккумуляторы ёмкостью 2200 мА·ч типоразмера 18650 за 90 гривен. Сообщил об этом знакомому. Он решил рискнуть и выделил мне деньги на приобретение двух таких аккумуляторов, несмотря на отсутствие гарантии положительного результата.

Купив эти аккумуляторы, я смонтировал их в подходящем корпусе и подключил к ноутбуку напрямую (без платы контроллера), оставив провода белого и жёлтого цвета "в воздухе" (**фото 6**). Ноутбук включился и заработал от этой импровизированной батареи (**фото 7**),

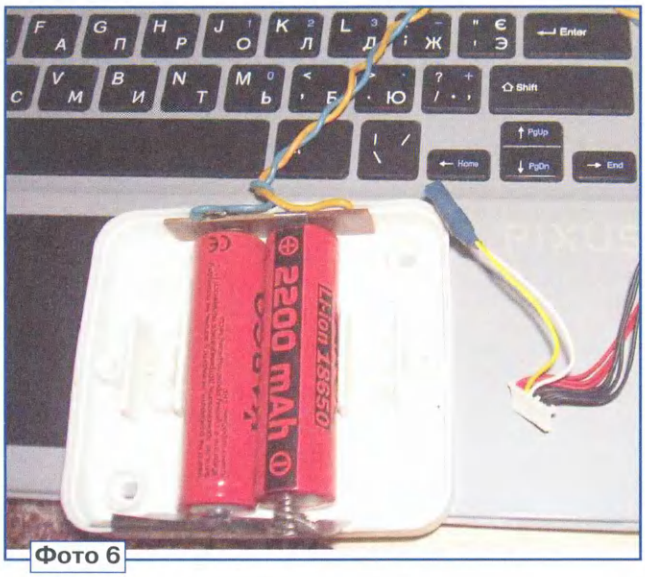


Фото 6

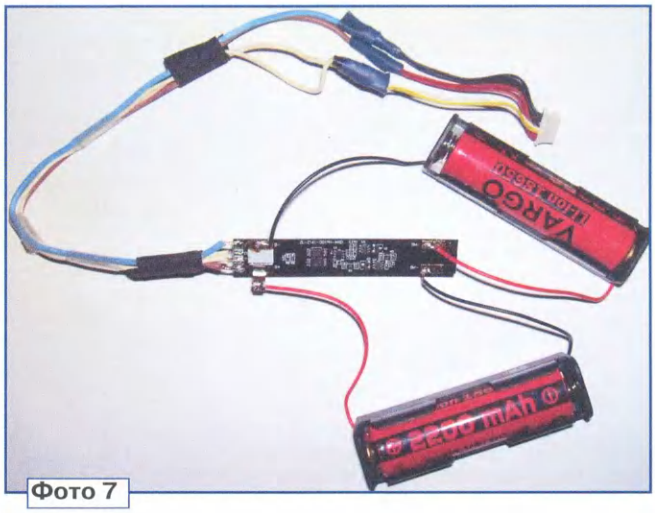


Фото 7

но, правда, недолго, всего 12 мин, и отключился, поскольку аккумуляторы не были полностью заряжены. Кроме того, заряжать эту батарею при подключении зарядного устройства ноутбук категорически "не захотел", оно и понятно, поскольку отсутствовала плата контроллера.

Поэтому я решил подключить ранее забракованный контроллер. Кроме того, предложил знакомому разориться ещё на 30 гривен, купив нормальные держатели для аккумуляторов. В итоге "на весу" была собрана конструкция, показанная на фото 7. Так как держатели в прежний корпус не поместились, а подходящего готового найти не удалось, был изготовлен новый корпус из подручных материалов. Получилась, конечно же, не слишком эстетичная конструкция. Но зато ноутбук нормально заработал, т. е. стал не только включаться с новой батареей, но и заряжать её. Правда, из-за малой ёмкости аккумуляторов время работы было немногим больше 40 мин. Возможно, приобретённые аккумуляторы были "второй свежести". В любом случае знакомый остался очень доволен. Теперь ему не нужно выставлять вручную время и дату при каждом включении, да и при отключении электричества (что у нас бывает часто) можно ещё некоторое время поработать. Неудобно, конечно, что батарея выведена за пределы корпуса ноутбука, но зато и обошлась она весьма дёшево... Можно считать это временным решением до приобретения оригинальной аккумуляторной батареи.

А что стало с исправным аккумулятором — может спросить читатель. Он тоже нашёл своё применение. Уже довольно давно был приобретён компактный и яркий светодиодный фонарь, работавший от двух гальванических элементов типоразмера AAA. Включался и выключался он своеобразным способом — завинчиванием и вывинчиванием задней крышки. В итоге через несколько лет работы резьба износилась, и фонарь перестал работать. Попытки поджимать крышку проволочной скобой ни к чему не привели. В результате фонарь оказался в ящике для запчастей.

Получив старый, но для питания фонаря работоспособный аккумулятор, я решил соединить эти два предмета и сделал... новый фонарь. От старого он унаследовал плату с тремя яркими светодиодами, алюминиевый светоотражатель и темляк (петля). К этому добавились оставшийся от ноутбука аккумулятор, выключатель от давно разобранной электробритвы, несколько проводов и винтов-саморезов. В результате получился вполне надёжный, конечно, не карманный, источник освещения для домашних помещений при отключении энергоснабжения. ■

Прием статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Опять — двадцать пять... АС-109

Д. ПАНКРАТЬЕВ, г. Ташкент, Узбекистан

От уже на протяжении нескольких десятилетий отечественные акустические системы (АС) выпуска второй половины прошлого века исправно служат объектом экспериментов радиолюбителей — ценителей качественного звука. Доработкам таких АС посвящено множество статей. Например, в [1, 2] описана последовательность модернизации 25АС-109 (25АС-309), которая является одной из самых массовых АС того времени, обеспечивающих высокое качество звучания. Доработка этих АС "с нуля", описываемая в предлагаемой вниманию читателей статье, основана на подходе, существенно отличающемся от "классического" осесимметричного. В частности, при разработке НЧ-звена стереофонического комплекса АС, в первую очередь, был учтён общеизвестный факт, что подавляющее большинство звуковых композиций имеют синфазные сигналы НЧ-составляющих, поскольку стереоэффект в реальных условиях прослушивания на частотах ниже 300 Гц не проявляется или проявляется слабо.

Поэтому звукорежиссер, как правило, размещает источники таких сигналов посередине звуковой сцены. Исходя из этого, было принято решение реализовать общее для обоих каналов НЧ-звено ("сабвуфер") на коаксиально расположенных динамических головках, питаемых, однако, от обычного широкополосного двухканального УМЗЧ через индивидуальные ФНЧ. При этом такой сабвуфер размещается в одной из АС, а не в отдельном корпусе. Такое "асимметричное" решение обладает некоторыми очевидными преимуществами. Во-первых, не требуются отдельные корпусы для сабвуфера и "суммирующий" НЧ УМЗЧ с активными ФНЧ, во-вторых, сохраняется входное сопротивление АС каждого канала (на НЧ, в первом приближении, оно попрежнему равно сопротивлению одиночной головки). Благодаря размещению дополнительного громкоговорителя снаружи корпуса АС, на внешней стороне передней панели, вне основного объёма ящика, его полезный объём не уменьшается. Здесь уместно напомнить основные преимущества коаксиального размещения НЧ-головок.

При установке в ящик резонансная частота блока головок возрастает в меньшей степени, чем у одиночных. Это позволяет расширить полосу эффективно воспроизводимых звуковых частот "вниз" при неизменном объёме акустического оформления. Уменьшается общая неравномерность АЧХ громкоговорителя, снижаются интермодуляционные искажения [3]. Равенство амплитуд колебаний подвижных систем, входящих в блок головок, способствует взаимному подавлению излучаемых ими чётных гармоник, при условии установки в блок чётного числа расположенных симметрично головок. Опыт применения показывает, что даже без подбора головок уровень чётных гармоник уменьшается в 5...10 раз, а общий коэффициент гармоник — в 2,5...3 раза [4].

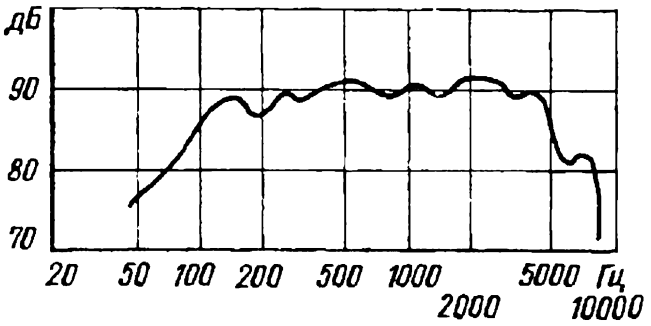


Рис. 1

Размещение N одинаковых головок в блоке сопровождается изменением общего эквивалентного объёма [5], который уменьшается в N раз по сравнению с одиночной головкой, а добротность сохраняется и даже несколько уменьшается в случае, если звук воспроизводится тыльной стороной диффузора, так как эффективная площадь уменьшается за счёт площади поверхности диффузородержателя, и акустическое сопротивление возрастает. Работу блока из N одинаковых головок можно сравнить с работой одной головки в ящике в N раз большего объёма. При этом масса и механическая прочность подвижной системы эквивалентной головки в N раз больше, а гибкость подвеса и КПД во столько же раз меньше, чем у каждой головки в отдельности. Однако сигналы, излучаемые блоком и одиночной головкой с эквивалентными ему параметрами, различны. Помимо уже указанного эффекта подавления чётных гармоник, блок головок отличается более гладкой высокочастотной характеристикой (ВЧХ) излучения, совпадающей с ВЧХ излучения одной головки блока, установленной в ящик в N раз большего объёма [4]. Фазовые сдвиги, вносимые головками на средних и высших частотах, при прочих равных условиях тем больше, чем больше масса подвижной системы. Также фазовые сдвиги зависят от скорости распространения звуковых волн по поверхности диффузора. Эти обстоятельства вынуждают выдвигать вперёд низкочастотную головку по отношению к среднечастотной [5]. В этой конструкции взаимное расположение головок соответствует этой рекомендации. Далее, НЧ-звено коаксиального типа свободно от проявления доплеровских искажений, если верхняя воспроизводимая частота не превышает 500...800 Гц. Акустическое излучение по оси головок экранировано магнитами, а в боковых направлениях от нейтрали громкоговорителя эти искажения не слышны.

Необходимо отметить, что в таком включении при возникновении амплитудной или фазовой асимметрии НЧ-сигналов, подводимых к головкам сабвуфера, т. е. при смещении комплексного источника звука (КИЗ) от центра панорамы, общее звуковое давление будет уменьшаться. В случае, когда сигналы противофазны, возникнет акустическое короткое замыкание и суммарное звуковое давление станет близко к нулю. Однако такая ситуация при прослушивании обычных фонограмм практически исключена. В другом чрезвычайно редком случае, когда НЧ-сигнал поступает только на одну головку, что соответствует крайнему смещению КИЗ в стереопанораме, уровень звукового давления, в зависимости от частоты сигнала, снизится на 12...15 дБ. Это объясняется уменьшением гибкости и КПД эквивалентной системы, образованной двумя коаксиальными НЧ-головками при сопутствующем снижении подводимой мощности. Повторимся, что названные случаи весьма редки и практически не встречаются в фонограммах общего назначения.

При таком подходе необходимо правильно определить частоту раздела между НЧ- и СЧ-каналами, ограничив её значением 300 Гц. Оптимальное эмпирически определённое значение этой частоты находится в пределах 150...200 Гц. Такое значение частоты позволяет, в частности, сохранить часто встречающееся панорамное движение звука тенор- и альт-томов в партиях ударных инструментов.

Для корректного определения нижней частоты раздела были проанализированы параметры СЧ-головок 20ГДС-4-8 (15ГД-11А), входящих в состав АС. Приведём наиболее важные для расчётов TS-параметры этих головок:

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

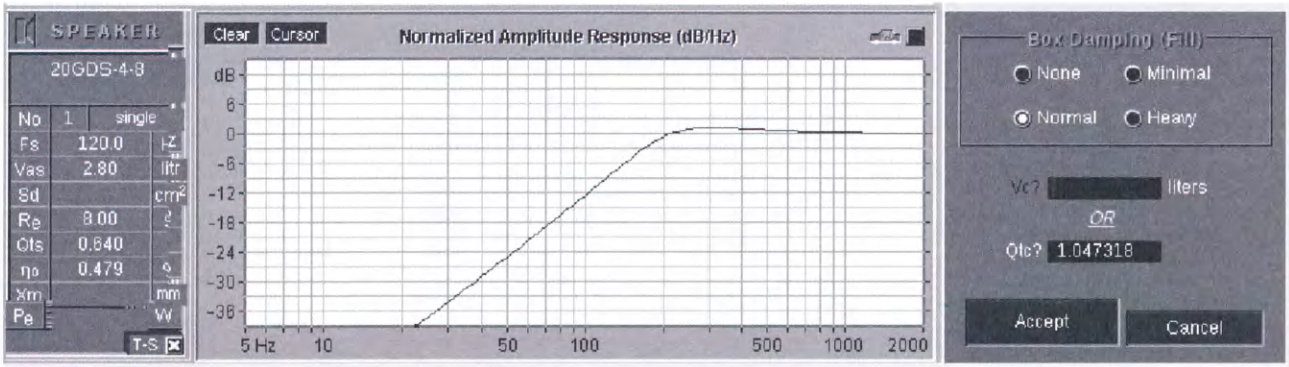


Рис. 2

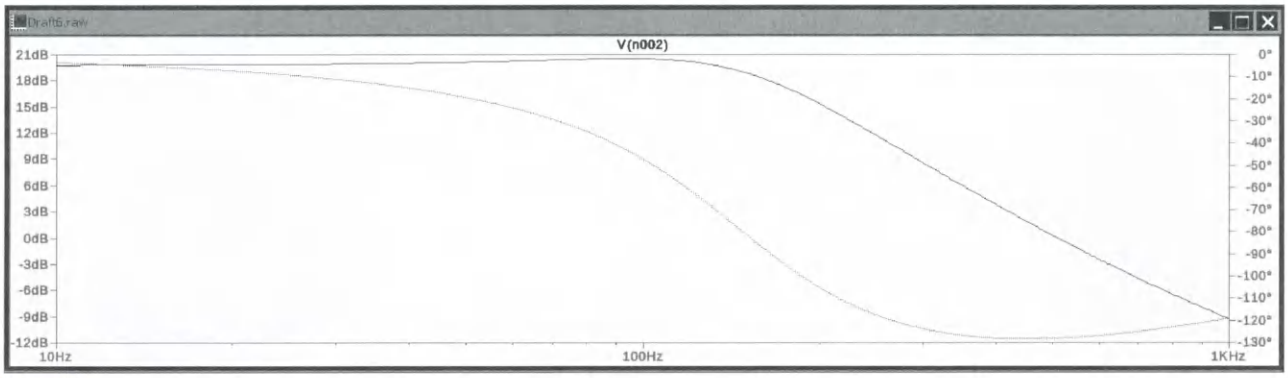


Рис. 3

F_s (резонансная частота), Гц 120
V_{as} (эквивалентный объём), л 2,8
Q_{ts} (полная добротность) 0,64
SPL (чувствительность), дБ 89

АЧХ 20ГДС-4-8 приведена на **рис. 1**. Видно, что эта СЧ-головка имеет параметры, в частности, диапазон воспроизводимых частот, позволяющие реализовать общую АЧХ АС, основанную на "естественных" акустических частных АЧХ динамических головок с применением минимального числа электрических фильтров. Для моделирования АЧХ этой головки в закрытом оформлении воспользуемся известной программой JBL Speaker Shop Enclosure Module 1.0 [6]. Используемый в заводском исполнении пластмассовый бокс имеет объём около 1 л. С целью выяснения возможности применения заводского бокса в доработанной АС была смоделирована соответствующая АЧХ, вид которой показан на **рис. 2**. Частота среза по уровню –3 дБ составляет около 175 Гц с крутизной спада 12 дБ/окт и гладкой АЧХ выше частоты среза, что эквивалентно применению ФВЧ второго порядка. Резонансная частота составляет 225 Гц при добротности 1, что характеризует достаточное демпфирование и является практически максимально допустимым значением. Из этого следует, что заводское оформление СЧ-головки может быть сохранено в ходе доработки, с учётом возрастания неравномерности АЧХ на величину около +1 дБ и соответствующем повышении нижней частоты среза примерно до 175 Гц. Если возникнет необходимость в большей линеаризации АЧХ, можно последовать рекомендациям по доработке тубуса, приведённым в разделе описания конструкции АС.

Итак, оптимальная частота среза ФНЧ в нашем случае должна составлять 150...170 Гц, и должен быть применён фильтр второго порядка. Особенностью данной АС является использование в этом качестве ФНЧ Чебышева. Как правило, радиолюбители и конструкторы аудиотехники избегают применения фильтров такого типа в силу характерной неравномерности АЧХ в полосе пропускания и, в общем случае, нелинейной ФЧХ. Однако правильно спроектированный фильтр Чебышева второго порядка обладает даже некоторыми преимуществами перед фильтрами других типов того же порядка. Во-первых, проще достигается необходимая крутизна спада выше частоты среза, во-вторых, АЧХ ниже этой частоты имеет только один максимум, величина которого на практике может быть ограничена значением +1...+2 дБ, в-третьих, ФЧХ в рабочем диапазоне частот имеет достаточно хорошую линейность. В качестве иллюстрации на **рис. 3** приведены АЧХ и ФЧХ (нижняя) ФНЧ, рассчитанного и применённого в доработанных АС (характеристики смоделированы с помощью ПО LTSpice). Видно, что неравномерность АЧХ в полосе пропускания не превышает +1,5 дБ, причём без резко выраженного максимума, а ФЧХ имеет монотонный спад со значением около –100° на частоте раздела, что определяет хорошее согласование с СЧ-головкой. Следующее, неочевидное преимущество заключается в том, что требуемая индуктивность катушки значительно меньше (примерно в 1,5 раза), чем для фильтров других типов, а это при частоте раздела ниже частоты 300 Гц является важным в силу её значительных значений. Небольшое разнесение частот среза ФНЧ и ФВЧ, как обычно, способствует сглаживанию общей АЧХ в области частоты раздела.

Для моделирования АЧХ в области натурального спада НЧ-громкоговорителей вновь воспользуемся программой Speaker Shop Enclosure Module. В качестве входных данных используем TS-параметры динамических головок 35ГДН-1-4 (25ГД-26Б):

F_s, Гц 32
V_{as}, л 50
Q_{ts} 0,51
SPL, дБ 84
Q_{rms} (механическая добротность) 5,24
Q_{es} (электрическая добротность) 0,56
BL (двигательная мощность), Тл•м 5,8
M_{ms} (масса подвижной системы), г 24
C_{rms} (гибкость подвеса), мм/Н 053
R_{rms} (механическое сопротивление подвеса), кг/с 0,9
R_e (активное электрическое сопротивление), Ом 4
S_d (эффективная площадь диффузора), мм² 18298
X_{max} (максимальное смещение), мм 6

Собственная АЧХ одиночной головки приведена на **рис. 4**, а результирующая АЧХ НЧ-звена на таких головках при коаксиальном включении в заводском акустическом оформлении (закрытый ящик с полезным объёмом не менее 25 л) показана на **рис. 5** (кривая 1). Видно, что доработка позволяет расширить диапазон эффективно воспроизводимых частот по уровню –6 дБ вниз примерно до 35 Гц (с 40 Гц по исходной кривой 2), а по уровню –12 дБ — до 24 Гц

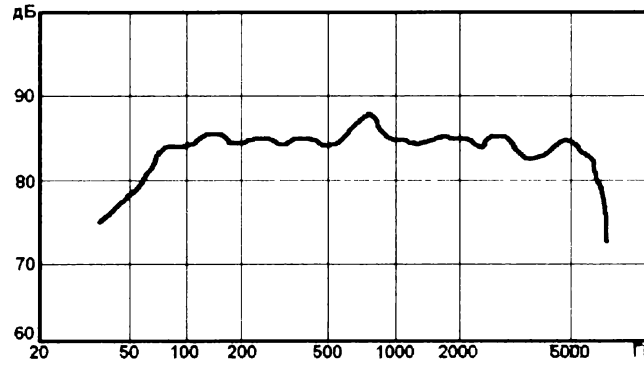


Рис. 4

частот раздела и отсутствию фильтров высокого порядка звуковая панорама получается хорошо сбалансированной, наблюдается чёткая локализация КИЗ.

Схема двух АС приведена на **рис. 7**. Схемы каналов идентичны, однако, в силу их различных конструктивных особенностей, схема показана полностью с функционально-блочным разделением. Сигнал от широкополосного УМЗЧ поступает, во-первых, на вход ФНЧ Чебышева второго порядка L1C3 с частотой среза 160 Гц,

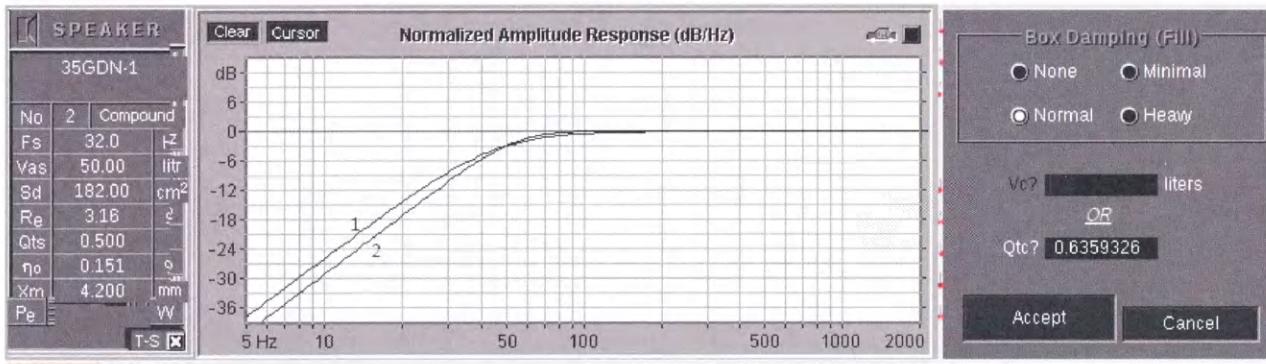


Рис. 5

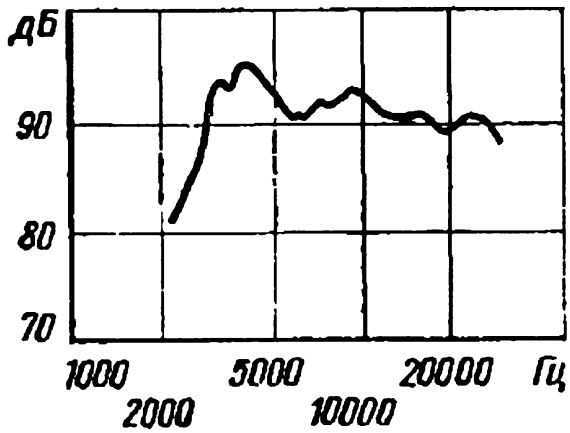


Рис. 6

при добротности около 0,6. Это практический предел для данного типа АС с используемым набором динамических головок. Низкая добротность блока НЧ-головок в таком оформлении позволяет подключать АС к выходу УМЗЧ с повышенным выходным сопротивлением, например к ламповым.

Аналогичным образом проводим анализ параметров СЧ- и ВЧ-головок для определения значения второй частоты раздела. Сразу следует отметить невысокое качество и в целом малую степень пригодности головки 5ГДВ-1-8 (3ГД-31) в качестве ВЧ-звена для высококачественных АС. Оптимальным вариантом, с точки зрения электромеханической совместимости, будет использование головки 6ГДВ-6-16 (10ГД-35) [2]. Более того, анализ АЧХ 20ГДС-4-8 (рис. 1) и 6ГДВ-6-16 (**рис. 6**) показывает, что эти типы головок могут быть использованы в качестве СЧ- и ВЧ-излучателей соответственно в сочетании друг с другом без дополнительных ФВЧ и ФНЧ. Частота раздела составит 4...5 кГц с крутизной спада 12...15 дБ/окт в обе стороны от частоты раздела. Полный диапазон эффективно воспроизводимых АС звуковых частот — 24...25000 Гц (при неравномерности АЧХ не более 12 дБ). Благодаря минимальному вмешательству в натуральные ФЧХ СЧ- и ВЧ-головок, малому влиянию на них ФЧХ разделительных фильтров вблизи

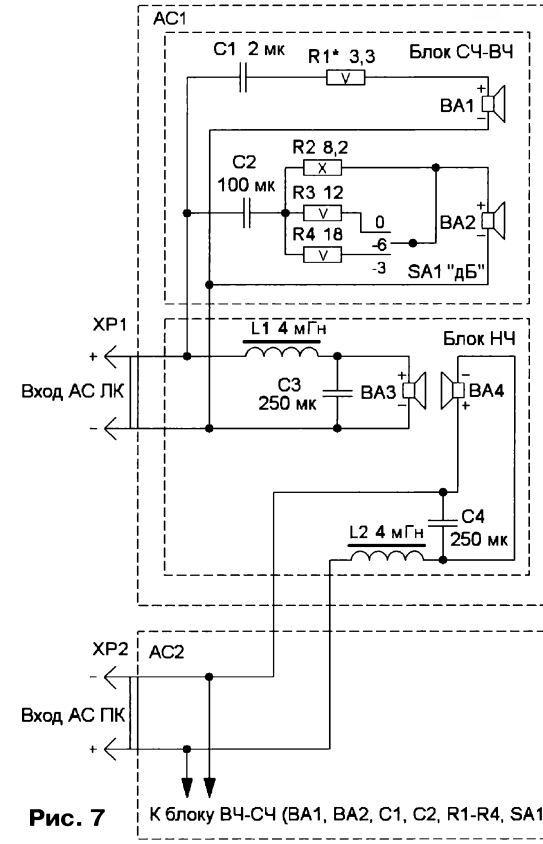


Рис. 7

согласованный по выходу с НЧ-головкой ВА3.

Ещё одной особенностью конструкции данной АС является применение в

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

качестве магнитопровода катушки индуктивности ФНЧ кольцевого магнитопровода из порошкового железа. По сравнению с электротехнической сталью такие материалы имеют существенно меньшие потери на вихревые токи, в том числе и на высоких частотах, т. е. более узкую и линейную кривую перемагничивания. Особые свойства металлопорошковых материалов (смесей) обуславливаются наличием в них распределённого немагнитного зазора, который препятствует быстрому насыщению, устраняет проявление краевого эффекта и повышает устойчивость к воздействию постоянных токов намагничивания, которые свойственны реальным звуковым сигналам в силу высокой вероятности асимметрии их полуволн. Кроме того, широкий ассортимент порошковых материалов предоставляет возможность индивидуального выбора оптимального соотношения цена/качество. В авторском варианте применены магнитопроводы из смеси 52 [7]. Они обладают следующими основными характеристиками: начальная относительная магнитная проницаемость — 75, индукция насыщения — около 8000 Гс (0,8 Тл).

Магнитопровод каждой катушки образован пакетом из нескольких магнитопроводов одного типоразмера. Параметры магнитопровода выбирают таким образом, чтобы при заданных значениях индуктивности (4 мГн) и расчётном числе витков индукция не превышала 3500 Гс при максимальном токе через катушку 3,5 А (на пиковой мощности 50 Вт). Соответствующая напряжённость магнитного поля составит около 20 Э. При таком значении напряжённости магнитного поля эффективная магнитная проницаемость уменьшается до 65, т. е. относительное изменение её значения незначительно (не более 15 %). Выбранный материал обеспечивает хорошую линейность характеристик вплоть до значения индукции 5000 Гс.

Аналогичные параметры обеспечивает смесь 26, однако она считается устаревшей, так как имеет несколько худшие параметры. Для более высокой линейности и больших значений мощности можно рекомендовать к применению металлопорошковые материалы MPP (Mo-пермаллой), альсиферы Super-MSS (сендаст), KoolMu, Ni-Fe сплав High Flux [8, 9]. Следует учесть, что из перечисленных материалов при сравнимых величинах магнитной проницаемости MPP и сендаст имеют наименьшее значение индукции насыщения (6000...7000 Гс), а High Flux — наибольшее (12000...14000 Гс), что примерно соответствует индукции насыщения электротехнического железа и даже несколько превосходит его при сравнительно малых потерях. Однако соразмерно возрастает и стоимость материалов. Кроме того, следует предварительно оценить доступность выбранных магнитопроводов, поскольку она может существенно отличаться для различных типоразмеров даже из одного материала. Выбранный автором тип магнитопровода является наиболее универсальным и доступным для широкого круга радиолюбителей.

Вернёмся к рассмотрению принципиальной схемы АС. Входной сигнал поступает также на простейший ФВЧ первого порядка, выполненный на конденсаторе C2 и комплексном сопротивлении, образованном резисторами R2—R4 и входным импедансом СЧ-головки BA2. Этот ФВЧ имеет частоту среза около 50...70 Гц (в зависимости от положения переключателя SA1) и предназначен в основном для уменьшения амплитуды наиболее мощных низкочастотных составляющих сигнала, поступающих на СЧ-головку BA2, и снижения их влияния на качество звучания. Также этот ФВЧ уменьшает амплитуду сигналов в диапазоне 100...130 Гц, соответствующих частоте основного механического резонанса головки BA2, что несколько улучшает демпфирование, хотя используемое акустическое оформление обеспечивает в этом смысле достаточную эффективность и без принятия дополнительных мер. Благодаря хорошему демпфированию непосредственно в АС возможно реализовать ступенчатую регулировку уровня громкости СЧ-головки с помощью переключателя SA1, предназначенного для коммутации резисторов R2—R4. Эта функция весьма полезна при отсутствии в УМЗЧ блока регулировки тембра. В верхнем по схеме положении общее сопротивление резисторов составляет около 5 Ом, что обеспечивает выравнивание отдачи НЧ- и СЧ-головок по звуковому давлению и соответствует относительному уровню 0 дБ. В нижнем положении уровень громкости составляет около –3 дБ, в среднем (разомкнутом) составляет –6 дБ.

Аналогичным образом ВЧ-звено реализовано на головке BA1 и ФВЧ первого порядка, образованном её входным импедансом, сопротивлением резистора R1 и ёмкостью конденсатора C1. Основной спад АЧХ в этом звене также формируется натуральным образом, за счёт акустических свойств головки. ФВЧ имеет частоту среза 3...4 кГц и обеспечивает подавление сигналов с частотами значительно ниже этой частоты. Сопротивление резистора R1 существенно меньше необходимого для выравнивания отдачи головок, поэтому результирующая АЧХ имеет значительный подъём в области ВЧ, хорошо заметный на слух. Это сделано намеренно — при конструировании данной АС было решено отказаться от измерений её общей АЧХ, а основное внимание сосредоточить на решении задачи получения максимально комфортного прослушивания композиций определённых жанров (в основном, сравнительно "жёстких" — от хард-рока до дэт-метала) в комплексе с несколькими видами УМЗЧ, как ламповых [10, 11], так и гибридных [12], в том числе на германиевых транзисторах в режиме А [13]. Такой подход вполне оправдан, поскольку большинство ламповых (и не только) УМЗЧ не являются унифицированной аудиотехникой и обладают уникальными качествами, делающими их своего рода электромузыкальными инструментами с индивидуальным звучанием. Поэтому в последнее время вполне оправданно практикуется комплексный подход к конструированию, изготовлению и налаживанию УМЗЧ и АС. Несложные рекомендации по адаптации АС к произвольным типам УМЗЧ, в соответствии с личными предпочтениями, будут даны далее в разделе, посвящённом налаживанию.

Детали. Динамические громкоговорители используются следующих типов: BA1 — 6ГДВ-6-16 (10ГД-35), BA2 — 20ГДС-4-8 (15ГД-11А), BA3, BA4 — 35ГДН-1-4 (25ГД-26Б). BA2, BA3 и BA4 являются штатными для 25АС-109(309). Конденсаторы C2—C4 — Audiophiller MKP или аналогичные металлоплёночные соответствующей ёмкости на номинальное напряжение 250 В. Применение сравнительно дорогостоящих "аудиофильских" конденсаторов обусловлено не столько их особенными качествами, сколько банальным стремлением исключить необходимость применения батареи из большого числа конденсаторов типа МБГО или аналогичных. Применение в этом качестве металлобумажных конденсаторов вполне допустимо, но вряд ли оправдано с точки зрения как экономической, так и конструктивной, связанной с существенным уменьшением полезного объёма ящика. А вот конденсатор C1 — МБГО-2. При этом можно также использовать конденсаторы МБГЧ, MKP, K73-17 или аналогичные. Конденсаторы C3 и C4 составлены из двух параллельно подключённых конденсаторов ёмкостью 200 мкФ и 50 мкФ. Катушки индуктивности, как уже было отмечено выше, выполнены на пакетах из шести кольцевых магнитопроводов с типоразмером R40×24×14 из металлопорошковой смеси 52. Каждая катушка содержит 75 витков эмалированного провода ПЭТВ-2 диаметром 1,8 мм. Намотка для этого провода и выбранного типа сердечника требуется плотная, с тщательной укладкой провода и его уплотнением внутри пакета. С несколько худшим результатом возможно применение магнитопроводов из смеси 26. Пересчёта числа витков в этом случае не потребуется. В случае использования магнитопроводов из другого материала (MPP, Super-MSS, KoolMu, High Flux и др.) или большего диаметра потребуется пересчитать их число в пакете и число витков общеизвестным способом.

Разъём — типа RCA позолоченный ("тюльпан"). Постоянные резисторы R1—R4 использованы цементные типов CR-L, SQP, PRW с соответствующей мощностью рассеяния. Эти резисторы характеризуются высокой надёжностью и способностью выдерживать длительные перегрузки. Резистор R2 может быть составлен из двух таких резисторов мощностью 5 Вт и сопротивлением 15...16 Ом. Переключатели SA1 — любые трёхпозиционные, рассчитанные на коммутацию тока не менее 5 А.

Конструкция АС левого (ЛК) и правого (ПК) каналов различна. Примем условно, что роль сабвуфера выполняет АС ЛК. На **рис. 8** показан вид на платы ФНЧ обоих каналов, расположенных внутри этой АС. Вид на фронтальную поверхность со снятой декоративной фальшпанелью в составе электромузы-

кального комплекса показан на **рис. 9**. Обе НЧ-головки располагаются коаксиально, причём размещение внутренней головки остаётся неизменным, а вторая устанавливается на фронтальную поверхность с внешней стороны диффузором внутрь. В принципе, эти головки равнозначны, но целесообразно подключать внешнюю к ФНЧ ЛК. Крепление обеих головок осуществляется общими винтами М4×50.

На тыльную сторону СЧ-головок накладывают толстую мягкую ткань с ворсистой поверхностью и зажимают в натяжку между корпусом головки и деревянной панелью. Изнутри тубус частично заполняют технической ватой, подбирая её количество и плотность по оптимальному звучанию. Это способствует лучшему демпфированию головок. Сам тубус, изолирующий СЧ-головку от общего объёма, можно оставить без

Рис. 8

Рис. 9

изменений. При необходимости смещения частоты среза акустического ФНЧ "вниз" с одновременным уменьшением добротности его высоту потребуется несколько увеличить. Это можно сделать с помощью полосы из электрокартона марок ЭВ, ЭВТ, ЭВС толщиной не менее 0,5 мм. Общий объём тубуса рассчитывается с помощью программы JBL Speaker Shop Enclosure Module. Тубус с увеличенным объёмом устанавливают на место, монтируя на корпус с помощью штатных креплений и четырёх винтовых шпилек М3 соответствующей длины. При установке тубуса необходимо обеспечить минимальную величину зазора между передней стенкой корпуса и краем полосы электрокартона. В завершение все зазоры в местах соединений следует тщательно проклеить термоклеем. Для этой цели допускается использовать эпоксидный клей.

ФНЧ обоих каналов собраны на отдельных монтажных платах размерами 180×120 мм. Платы размещаются на днище корпуса и монтируются с помощью винтов-саморезов М4×15. Как видно на фото, элементы каналов располагаются зеркально-симметрично относительно центральной линии, проведённой по днищу корпуса АС перпендикулярно передней панели. Как показано на рис. 8, оси катушек располагаются вдоль тыльной поверхности корпуса (крышки АС) на максимальном удалении от магнитной системы НЧ-головки. Конденсаторы ФНЧ размещаются на свободной поверхности плат осями параллельно боковым поверхностям. Все соединения элементов НЧ-звеньев выполняют гибким монтажным медным многожильным проводом сечением не менее 2,5 мм^2. Остальной внутренний монтаж выполняется аналогичным проводом сечением не менее 0,75 мм^2. Для подключения внешней НЧ-головки необходимо высверлить отверстие диаметром 6 мм, расположив его под НЧ-головкой по центру панели, пропустить через него монтажный провод и произвести подключение с соблюдением указанной на схеме фазировки. Аналогичным образом через отверстия в задней крышке выводят провода для подключения АС к УМЗЧ. Отверстия диаметром 8 мм располагаются симметрично относительно центра на расстоянии 50...60 мм от ближайшего среза. Все зазоры между проводами и краями отверстий заполняют термоклеем.

В отношении рекомендуемого типа используемых в АС монтажных проводов уместно сказать следующее. Во-первых, настойчиво продвигаемый аудиофилами тезис о влиянии скин-эффекта на качество звука на ВЧ сильно преувеличен. Исходя из достаточно элементарных физических закономерностей, в звуковом диапазоне на порядок большее влияние оказывает собственная индуктивность проводов, о которой, тем не менее, благополучно забывают. Игнорирование этого очевидного фактора приводит к тому, что технические решения, применяемые в ряде специальных аудиокабелей для снижения "ужасного" скин-эффекта, приводят к гораздо большим результирующим потерям на ВЧ, чем в обычных многожильных проводах. Во-вторых, зона нечувствительности слуха к изменению амплитуды колебаний во всём диапазоне звуковых частот составляет ±0,25...0,5 дБ, а затухание, вносимое даже "плохим" аудиокабелем или обычными медными многожильными проводами 2×2,5 мм^2 при их реальной длине до 10 м, не превышает 0,3 дБ [14]. При желании "улучшить" звучание на ВЧ вполне достаточно применить составной кабель из провода ПВС 4×1,5 мм^2, соединив жилы попарно.

В авторском варианте для подключения АС к УМЗЧ использован провод ВВГ 2×2,5 мм^2 длиной 2 м, а для соединения АС ПК с блоком фильтров в АС ЛК — провод ВВГ 2×1 мм^2 длиной 5 м. Возможна замена провода ВВГ на шнур марки ШВВП или аналогичный, в том числе провод ПУГНП, использование которого не рекомендуется в электросетях, но они вполне пригодны для АС.

Расположение остальных элементов фильтров СЧ- и ВЧ-головок одинаково для обеих АС. Вид АС изнутри показан на **рис. 10**. Конденсатор С2 припаивают к медным лепесткам, которые, в свою очередь, крепятся к передней панели корпуса с помощью штатных винтовых соединений М4, предусмотренных для фиксации фальшпанели. Пайку выводов конденсаторов производят, расположив АС передней панелью вниз. Длину выводов подбирают, чтобы конденсатор имел небольшой люфт, после чего деталь надёжно фиксируют с помощью термоклея. Конденсатор С1 монтируют на панели в непосредственной близости от ВЧ-головки. Все резисторы монтируют методом навесного (объёмного) монтажа. Резистор R1 устанавливают между выводами конденсатора С1 и головки ВА1, резисторы R2—R4 — на выводах переключателя SA1.

Процесс замены ВЧ-головки несложен и описан в [2]. Он сводится к демонтажу штатной головки и установке новой на то же посадочное место. Монтажные отверстия головок полностью совпадают.

Переключатель SA1 на каждой АС располагается на задней крышке, напротив ВЧ-головки на равном расстоянии (50...60 мм) от верхнего и бокового срезов. Разъём XP1 целесообразно разместить по центру задней крышки на расстоянии 50...60 мм от её нижнего среза.

Чтобы была возможность использования штатной фальшпанели для АС сабвуфера, после установки дополнительной внешней НЧ-головки потребуется удалить её часть в виде декоративной решётки, закрывающей диффузор НЧ-головки, а также выполнить пропилы по форме креплений диффузородержателя. Дополнительный громкоговоритель следует закрыть снаружи защитно-декоративным куполом из акустической ткани (вискозы или синтетического шифона) желаемого цвета, натянув её на каркас из стальной проволоки подходящего диаметра.

Стенки корпуса АС изнутри рекомендуется оклеить слоем войлока, поролона или технической ваты толщиной 20...30 мм, подобрав её количество и плотность по оптимальному звучанию. Все щели, образованные в местах соединения компонентов корпуса, рекомендуется тщательно проклеить термоклеем или заполнить обычным пластилином.

Рис. 10

Налаживание АС обоих каналов сводится к установке правильной взаимной фазировки головок и желаемых относительных уровней громкости СЧ-и ВЧ-головок в различных положениях переключателя SA1 подбором резисторов R1—R4 соответственно. Это рекомендуется делать, сравнивая звучание при различных сопротивлениях указанных резисторов, поочерёдно подключая АС к УМЗЧ, в комплексе с которым предполагается эксплуатация АС. Следует помнить, что наиболее плоской АЧХ по звуковому давлению соответствуют сопротивления выравнивающих резисторов 4,7...5,1 Ом для СЧ-звена и 6,8...8,2 Ом — для ВЧ. Что касается фазировки головок, то в случае отсутствия маркировки или сомнения в её корректности верным признаком неправильной фазировки является звучание АС, напоминающее звучание гребенчатого фильтра или эффекта фэйзера (звук как из бочки или ведра). Признаком неправильной взаимной фазировки НЧ-головок является отсутствие или малый уровень звуковых составляющих с частотами ниже 100 Гц (басов).

Правильно собранные АС обладают выразительным звучанием с чётким упругим басом, яркой серединой и прозрачными ВЧ, а также хорошей локализацией КИЗ.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Панкратьев Д.** Модернизация АС 25АС-109. — Радио, 2019, № 9, с. 9, 10.

2. **Панкратьев Д.** Фильтры высококачественных громкоговорителей. — Радио, 1995, № 11, с. 14, 15.

3. **Журенков А.** Сдвоенные динамические головки. — Радио, 1979, № 5, с. 48.

4. **Жбанов В.** Пути уменьшения габаритов акустических систем. — Радио, 1987, № 2, с. 29—31.

5. **Жбанов В.** О громкоговорителях со сдвоенными головками. — Радио, 1983, № 2, с. 53, 54.

6. JBL Speaker Shop Enclosure Module. — URL: **https://cxem.net/software/JBL_speakershop.php** (20.12.2024).

7. Сердечники из распылённого железа в импульсных источниках питания. — URL: **https://goo.su/JPJhSq** (20.12.2024).

8. **Ковалев Н.** Сравнительные характеристики и применение современных порошковых магнитомягких материалов. — Компоненты и технологии, 2004, № 8. — URL: **https://kit-e.ru/wp-content/uploads/2004_08_26.pdf** (20.12.2024).

9. **Володин В.** Моделирование индуктивностей с порошковыми сердечниками. — Силовая Электроника, 2010, № 2, с. 84—90.

10. **Панкратьев Д.** Стереофонический УМЗЧ на лампах 6С33С. — Радио, 2021, № 6, с. 22—25; № 7, с. 9—18.

11. **Панкратьев Д., Панкратьев И.** Модернизация УМЗЧ на лампах 6С33С. — Радио, 2022, № 11, с. 24, 25.

12. **Панкратьев Д.** Гибридный УМЗЧ на лампах 1П24Б. — Радио, 2020, № 8, с. 12—17.

13. **Панкратьев Д.** Бестрансформаторный гибридный УМЗЧ. — Радио, 2023, № 4, с. 37—45.

14. Реальный скин-эффект в кабелях. — URL: **https://electroclub.info/other/real-skin/** (20.12.2024).

Режекторный фильтр

Н. ШИЯНОВ, г. Люберцы Московской обл.

В период разработки стандарта DIN 45500 его создатели определили минимальные требования к характеристикам тракта звуковоспроизведения. Дальнейшее развитие исследований в области звуковоспроизведения и звуковосприятия привело к появлению техники Hi-End, параметры которой существенно превосходят параметры качества, задаваемые DIN 45500. Соответствующие усилители мощности именуют "безупречными" [1] и даже прецизионными [2]. Требования к коэффициенту нелинейных искажений (КНИ) подобной аппаратуры и её элементам находятся в интервале 0,001...0,0003 % [3].

Приборный контроль подобных значений предъявляет весьма высокие требования к измерительной аппаратуре. Распространённые измерители нелинейных искажений С6-7—С6-11 для этих целей не подходят, поскольку имеют пределы измерения искажений около 0,03 %. Значительно большими функциональными возможностями обладают измерительные тракты, вклю-

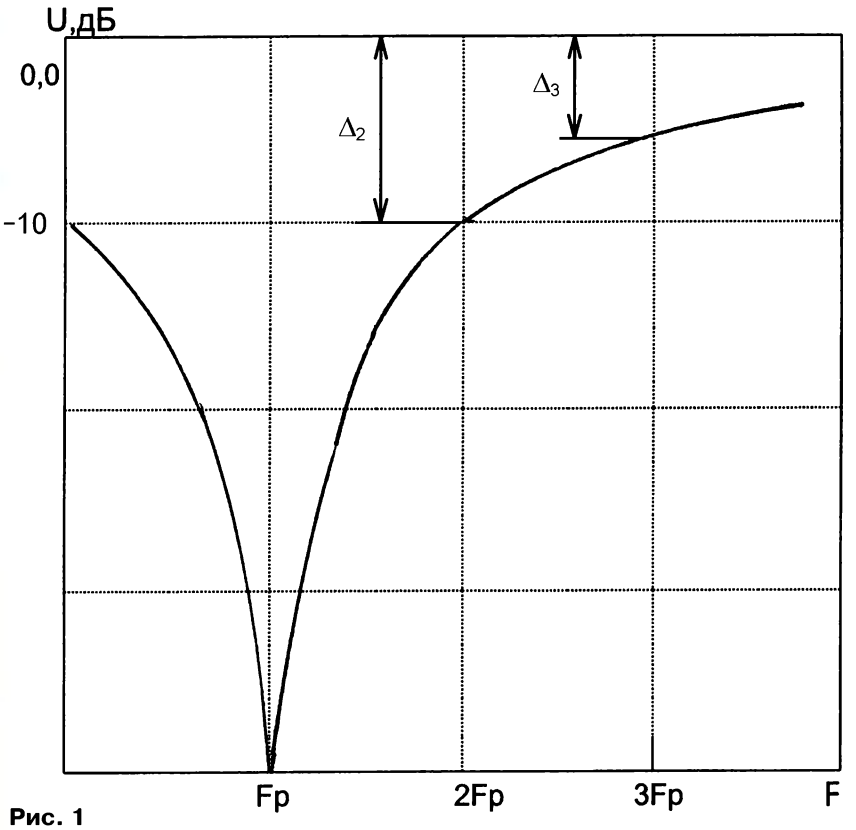


Рис. 1

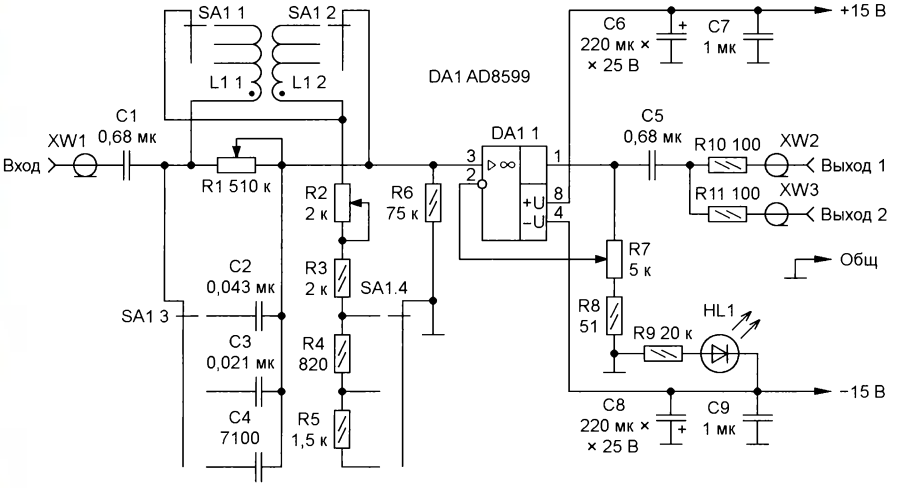


Рис. 2

чающие компьютерные звуковые карты и программы спектрального анализа сигналов. Уровень собственного шума и нелинейных искажений звуковых карт находится в весьма широких пределах. Лучшие из них 24-разрядные звуковые карты имеют собственный КНИ канала записи (АЦП) менее 0,001 %.

Известно, что снизить вклад искажений и шума карт и тем самым повысить разрешающую способность измерительного тракта можно путём заданного подавления первой гармоники сигнала и усиления продуктов нелинейных искажений выше уровня шумов карты. Для этого применяют пассивные [4] или активные [5] режекторные фильтры. Известно очевидное преимущество пассивных фильтров — пренебрежимо малые собственные нелинейные искажения.

Анализ и сопоставление характеристик LC и RC пассивных фильтров показывают, что широко применяемые двойные Т-образные RC-фильтры имеют нежелательную особенность, они подавляют вторую и третью гармоники сигнала на Δ_2 = 10 дБ (в 3,2 раза) и Δ_3 = 6 дБ (в 2 раза) соответственно (**рис. 1**). Это приводит к необходимости корректировочных расчётов после приборных измерений, что увеличивает общее время получения результатов и вероятность субъективных ошибок. Подавление указанных гармоник режекторными LC-фильтрами значительно меньше. Например, в работе [6] подавление второй гармоники составляет Δ_2 = 1 дБ (11 %) . Но и такое значение в ряде случае приходится учитывать. Кроме того, режекторные LC-фильтры обладают меньшим активным (шумовым) сопротивлением, чем RC-фильтры.

Далее приведены результаты разработки простого пассивного режекторного Т-образного LC-фильтра. Поставлена задача снизить до пренебрежимо малых значений подавление второй и третьей гармоник измеряемого сигнала.

Схема устройства приведена на **рис. 2**.

Входной сигнал поступает на режекторный LC-фильтр, образованный катушками индуктивности L1.1 и L1.2 и конденсаторами C2—C4. Переключатель SA1 имеет три положения и четыре направления и предназначен для дискретной установки частоты режекции. В первом (верхнем) положении частота режекции равна 1000 Гц, в среднем положении — 3 кГц, в нижнем положении — 10 кГц. Переменный резистор R1 предназначен для установки прямой передачи сигнала (в крайнем левом положении движка) либо для введения заданного уровня режекции.

Балансировка режекторного фильтра осуществляется переменным десятиоборотным проволочным резистором R2. Поскольку на разных частотах режекции фильтр балансируется при разных значениях сопротивлений, введены добавочные резисторы R3—R5, сопротивления которых подобраны так, чтобы балансу соответствовало близкое к среднему положение движка переменного резистора R2.

Масштабирующий усилитель выполнен на малошумящем операционном усилителе DA1.1 (AD8599), собственная спектральная плотность напряжения шума которого равна 1,1 нВ/√Гц [7]. Переменный резистор R7 предназначен для установки коэффициента передачи усилителя. В верхнем по схеме положении движка резистора коэффициент передачи усилителя K_y = 1, в нижнем положении — K_y = 100.

Катушка индуктивности L1 намотана на каркасе из стеклотекстолита сечением 22×22 мм и длиной 30 мм. Каркас не содержит ферромагнитного магнитопровода и разделён на две равные секции. В каждую секцию внавал намотано 2500 витков провода ПЭВ-2 диаметром 0,12 мм с отводами от 700-го витка и 1400-го витка. Полная индуктивность двух последовательно соединённых секций катушки равна 510 мГ, активное сопротивление — 720 Ом. Катушка помещена в магнитный экран кубической формы из мягкой стали с длиной сторон 82 мм и толщиной стенок 3 мм. В случае применения пермаллоя толщина стенок экрана может быть меньше.

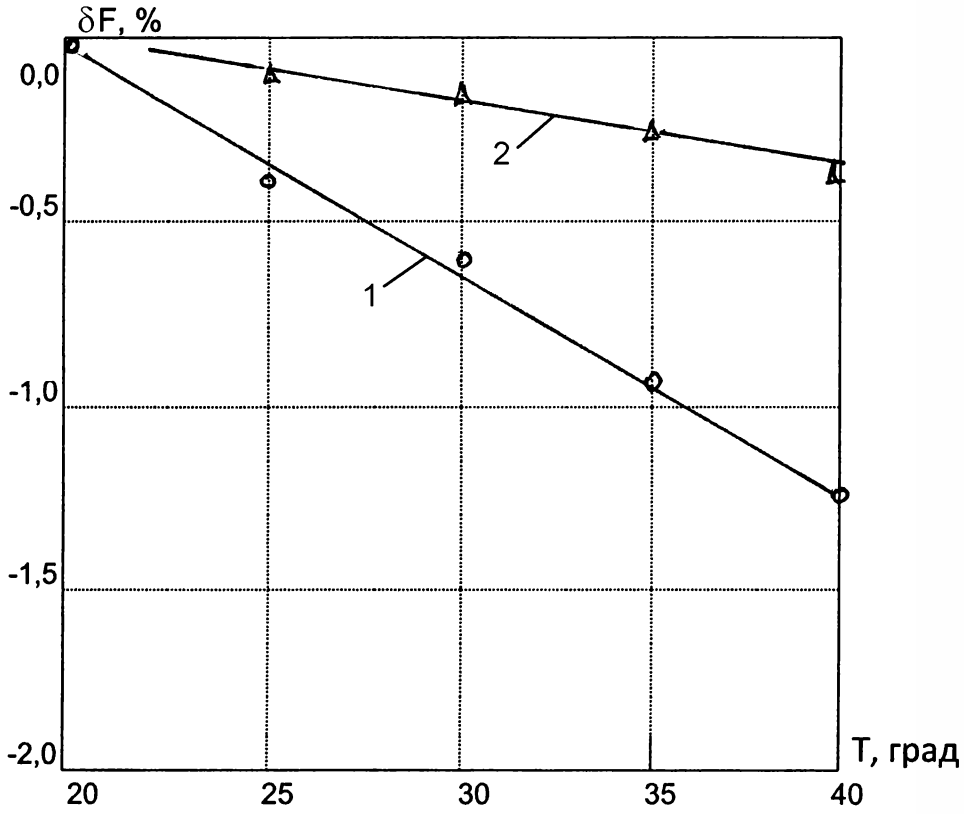


Рис. 3

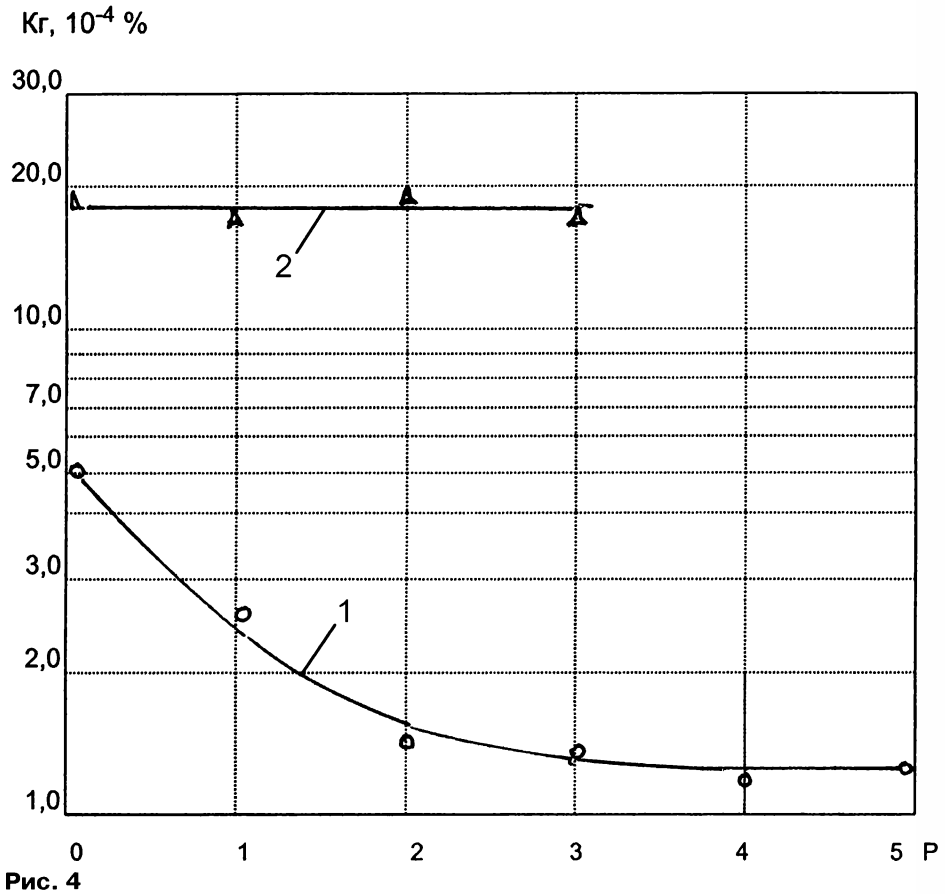


Рис. 4

В устройстве использованы постоянные резисторы МЛТ-0,125, переменные резисторы R1, R7 — однооборотные RK097, переменный резистор R2 — проволочный, десятиоборотный WAVGAT 3590S, переключатель SA1 на три положения, четыре направления RS1010. Конденсаторы C2—C4 — полипропиленовые MKP MEX/TENTA X2. Конденсаторы C6, C8 — полимерные LOW ESR. Разъёмы XW1, XW2 — гнездовые BNC. Разъём XW3 — гнездовой джек TRS 3,5 мм.

Максимальная глубина режекции фильтра на частоте 1000 Гц — около –90 дБ. Крутизна скатов фильтра в интервале –(50...70) дБ весьма велика и доходит до 25 дБ/Гц, что предъявляет повышенные требования к стабильности режекторного фильтра. Температурный дрейф частоты режекции при нагреве катушки L1 в термостате в интервале 20...40 °C равен +0,6 %. Температурная нестабильность конденсаторов C2—C4 в случае применения широко распространённых лавсановых K73-9, K73-17 — около +0,4...+0,9 %. Очевидно, что в этом случае температурные нестабильности индуктивности и конденсаторов усиливают друг друга. Информация, полученная от сотрудников технологического отдела Кузнецкого завода — изготовителя этих конденсаторов, — подтвердила, что предельные значения ТКЕ лавсановых конденсаторов при >20 °C могут быть только положительными. Измеренная температурная нестабильность полипропиленовых конденсаторов MKP в указанном температурном интервале отрицательная и равна –(0,4...0,6) %, что открывает возможность компенсации температурного дрейфа частоты режекции. На **рис. 3** показаны зависимости относительного изменения частоты режекции δF от температуры для нескомпенсированного варианта фильтра (кривая 1) и с применением температурной компенсации (кривая 2). Откуда следует, что температурный дрейф частоты режекции снижен примерно в четыре раза.

Для первичной оценки коэффициента гармоник ($K_г$) звуковых карт обычно соединяют выход канала воспроизведения (ЦАП) с входом канала записи (АЦП).

При этом необходимо учитывать, что $K_г$ звуковых карт

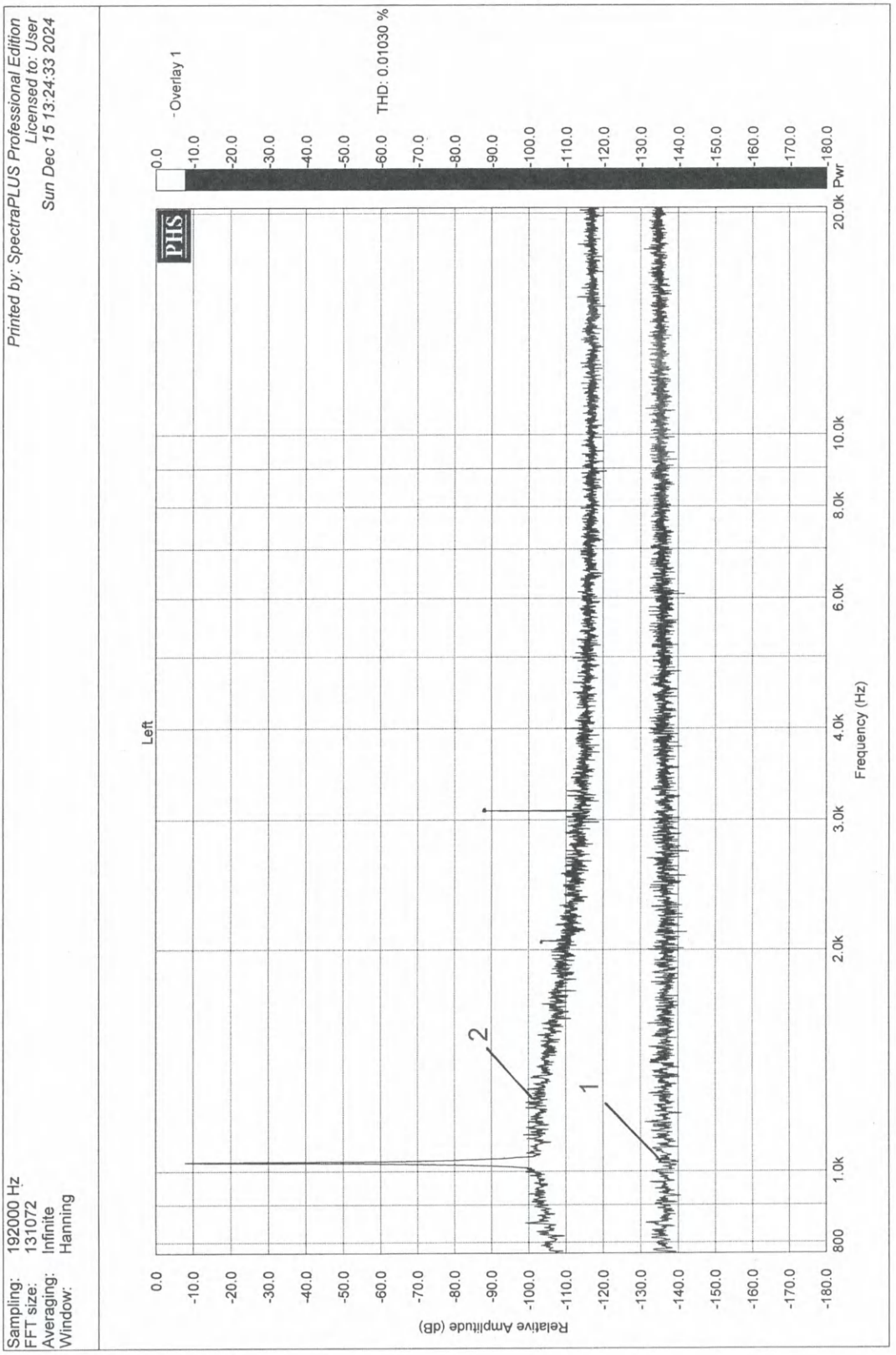


Рис. 5

существенно увеличивается выше –10... 15 дБ. Измеренный в программе Spectralab коэффициент гармоник 24-разрядной звуковой карты ASUS Xonar D2X при уровне записи –10 дБ равен $7 \cdot 10^{-4}$ %.

Поскольку в тракт измерения $K_г$ режекторного фильтра входит только канал записи (АЦП) звуковой карты,

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Рис. 6

Рис. 7

несомненный интерес представляют нелинейные искажения именно этой части карты. Для измерения указанного $K_г$ использован генератор [8]. С целью минимизации влияния гармоник генератора на результат измерения между генератором и входом звуковой карты включался LC-фильтр нижних частот Чебышева 1, 2, 3, 4 и 5 порядков [9], подавляющий гармоники генератора. Результаты измерений на частоте 1 кГц представлены на **рис. 4**, где по горизонтали отложен порядок фильтра. Кривая 1 соответствует измерениям $K_г$ карты ASUS Xonar D2X, и для сравнения, кривая 2 — карты Realtek HD, входящей в состав материнской платы использованного компьютера. Можно видеть, что при увеличении порядка фильтра нижних частот, снижающем уровень гармоник источника сигнала на входе карты, коэффициент гармоник асимптотически стремится к уровню $1{,}3 \cdot 10^{-4}$ %. Это значение и является собственным коэффициентом гармоник канала записи указанной карты. Зависимости коэффициента гармоник карты Realtek HD от порядка вводимого фильтра (кривая 2) не обнаружено, поскольку коэффициент гармоник генератора более чем в три раза меньше $K_г$ этой карты.

Перед началом измерений необходимо установить переключатель SA1 устройства на требуемую частоту, движок резистора R1 — в крайнее левое положение, а движок резистора R7 — в крайнее верхнее, что соответствует коэффициенту передачи тракта, равному единице. Регулировкой напряжения входного измеряемого сигнала устанавливают уровень "0" дБ по спектру программы Spectralab. Затем полностью вводят резистор R1 смещением движка вправо. Плавной совместной настройкой многооборотного резистора R2 и частоты используемого генератора тестового сигнала настраивают режекторный фильтр на частоту первой гармоники. При этом уровень подавления первой гармоники входного сигнала должен быть не менее 70 дБ. После этого резистором R1, контролируя спектр программой Spectralab, устанавливают уровень режекции, удобный для последующих оценок, например равный 40 дБ (100 раз) или 60 дБ (1000 раз). Далее регулировкой резистора R7 устанавливают усиление $K_у$, при котором амплитуда первой гармоники ниже уровня 0 дБ на 10...15 дБ. Полученное значение коэффициента гармоник делят на 100 (для 40 дБ) или 1000 (для 60 дБ), тем самым реализуя квазипрямой отсчёт.

Необходимо иметь в виду, что для работы с режекторным фильтром необходим генератор синусоидального сигнала, имеющий высокую точность установки частоты. Если подобный генератор отсутствует, для более точной настройки в устройство можно ввести переменный конденсатор ёмкостью 100...200 пФ, подключённый параллельно резистору R1.

При указанных выше параметрах устройства режекторный фильтр обеспечивает следующее подавление гармоник: второй — не более 2,5 %, третьей — 1,5 %, четвёртой и пятой — менее 1,5 %. Для большинства практических измерений этими значениями можно пренебречь.

На **рис. 5** показаны спектры шума собственно режекторного фильтра (кривая 1) при максимальном усилении $K_у$ = 40 дБ и замкнутом входе. Откуда видно, что "шумовая полка" собственного шума фильтра — около −172 дБ. Кривая 2 показывает спектр шума (−155 дБ), а также вторую и третью гармоники специально разработанного генератора синусоидального сигнала, имеющего коэффициент гармоник около 10^{-4} %, подключённого на вход фильтра. Можно видеть, что амплитуда третьей (доминирующей) гармоники превышает уровень шума более чем на 20 дБ. Очевидно, что с помощью разработанного режекторного фильтра можно измерять значения гармоник значительно менее 10^{-4} %.

Внешний вид прибора показан на **рис. 6**, внутренней конструкции — на **рис. 7**. В качестве корпуса использован стальной кожух блока питания стационарного компьютера размерами 150×140×85 мм. Платы времязадающих конденсаторов C2—C4, малошумящего усилителя, переменные резисторы R1, R1, R7 и переключатель SA1 помещены в электрический экран, изготовленный из фольгированного стеклотекстолита толщиной 1,6 мм. Медную фольгу на стыках граней экрана изнутри пропаивают. Для снижения сетевых помех устройство питается от аккумуляторной батареи ±15 В, состоящей из восьми литиевых аккумуляторов 18650, размещённых во внешнем блоке питания.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Селф Д.** Схемотехника современных усилителей. — М.: ДМК Пресс, 2015.

2. **Данилов А. А.** Прецизионные усилители низкой частоты. 2-е изд. — М.: Горячая линия — Телеком, 2014.

3. **Рогов И.** Конденсаторы для усилителей. — URL: **https://electroclub.info/other/conders1/** (26.12.24).

4. **Меерсон А.** Измерители нелинейных искажений. — URL: **http://zpostbox.ru/izmeriteli_nelinyeinykh_iskazheniy.html** (26.12.24).

5. **Рыбин Ю. К.** Активный режекторный фильтр. — Томск: Известия Томского политехнического института, т. 270, 1973.

6. **Лукин Е.** Генераторы синусоидального напряжения со сверхнизким коэффициентом гармоник. — Радиохобби, 1999, № 5, с. 40—43.

7. Руководство по выбору малошумящего усилителя. — URL: **https://kit-e.ru/rukovodstvo-po-vyboru/** (26.12.24).

8. **Шиянов Н.** Генератор синусоидальных сигналов низких частот. — Радио, 2024, № 1, с. 32—34.

9. **Микушин А.** Расчёт LC-фильтров. — URL: **https://digteh.ru/Sxemoteh/filtr/LC_raschet/** (26.12.24).

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Мощный цифровой регулируемый тиристорный блок питания

С. МИРОНЕНКО, г. Ейск Краснодарского края

До недавнего времени мощные источники питания имели, как правило, аналоговое управление. В настоящее время в связи с появлением быстродействующих недорогих микроконтроллеров (МК) возник устойчивый интерес к системам цифрового управления импульсными источниками вторичного электропитания. Цифровое управление позволяет уменьшить размеры, габариты и массу источников питания, сократить число применяемых аналоговых электронных компонентов, обеспечить вывод различной необходимой информации на экран ЖКИ, что позволяет более точно производить регулировку параметров, даёт возможность подключения к ПК, на котором можно оперативно выбирать настройки и визуально представлять процессы, происходящие в силовой цепи и в самой системе управления [1, 2].

Применение популярных и высокопроизводительных 32-разрядных МК семейства STM32 доступно благодаря программной поддержке компании STMicroelectronics, которая бесплатно распространяет в Интернете своё программное обеспечение.

Тиристорный блок питания (БП), описание которого приводится далее, предназначен для преобразования однофазного сетевого напряжения 230 В 50 Гц в регулируемое постоянное напряжение в интервале от нуля до 315 В. Он не имеет гальванической развязки от сети. Выходное напряжение регулируется с помощью переменного резистора, размещённого на лицевой панели прибора. Измерения, контроль, управление тиристорами, вывод информации на ЖКИ осуществляются с помощью МК STM32F103C8T6, который тактируется частотой 72 МГц.

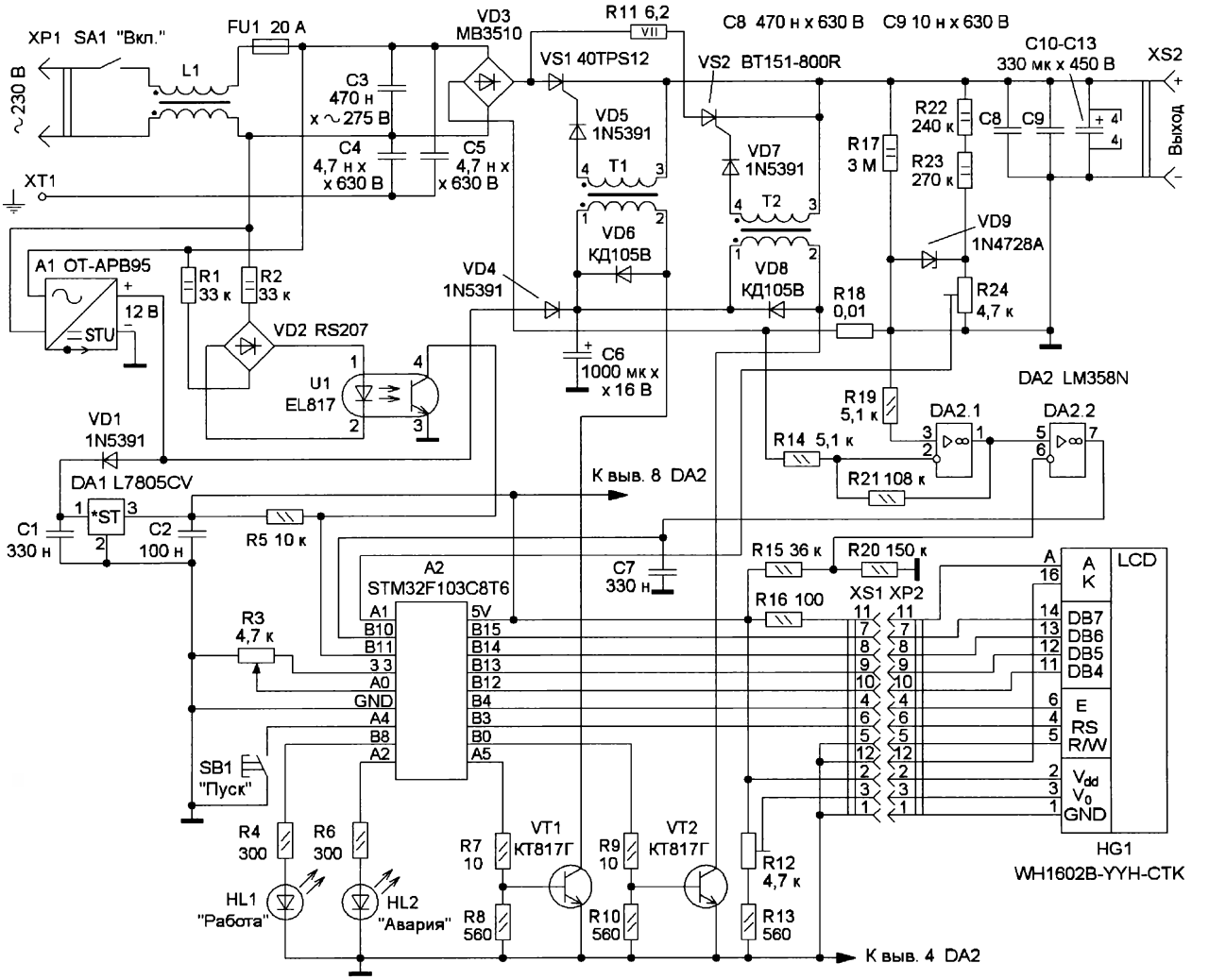


Рис. 1

РАДИО № 3, 2025

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Основные технические характеристики

Входное переменное напряжение, В 230
Выходное постоянное напряжение, В ..... 0....315
Выходной регулируемый ток, А ..... 0....15
Габаритные размеры, мм ..... 345×162×87
Масса, кг 1,4

БП имеет встроенную защиту от перегрузки по напряжению и короткого замыкания. Основные параметры выводятся на ЖКИ. Охлаждение — пассивное, при превышении температуры теплоотводов тиристоров 90 °С БП принудительно отключается.

Схема БП показана на **рис. 1**. Сетевое напряжение поступает на разъём XP1, проходит через выключатель SA1, сетевой фильтр L1C3C4C5, препятствующий проникновению импульсных помех из БП в сеть, плавкую вставку FU1 20 А и поступает на выпрямительный диодный мост VD3 и далее на тиристор VS1, с помощью которого осуществляется регулирование постоянного выходного напряжения. На выходе БП установлен ёмкостный фильтр-накопитель энергии, который сглаживает пульсации выходного напряжения и состоит из четырёх параллельно включённых оксидных конденсаторов C10—C13, каждый ёмкостью 330 мкФ с номинальным напряжением 450 В. При такой ёмкости возникает проблема с ограничением зарядного тока. Согласно закону коммутации в момент подачи питания конденсатор представляет собой короткое замыкание, поэтому, если при включении питания входное напряжение окажется близким к амплитудному значению сетевого напряжения, это приводит к возникновению импульса тока, который может вывести из строя тиристор. Поэтому необходимо использовать специальные способы ограничения зарядного тока, например, такие, которые описаны в [3].

В БП применена двухступенчатая система так называемого "мягкого включения" — плавная зарядка конденсаторов, когда с каждой полуволной сетевого напряжения, имеющей длительность 10 мс, сдвиг фронта импульса, при котором происходит открывание тиристора VS1, увеличивается на 3 мкс от точки отсчёта, которой служит момент перехода сетевого напряжения через ноль. Такое незначительное приращение выбрано для более точной установки выходного напряжения.

Для обеспечения плавной зарядки конденсаторов C10—C13 до напряжения в интервале от 0 до 120 В (в котором наблюдается наиболее быстрое приращение сетевого напряжения) предназначен токоограничивающий резистор R11, который подключается к выходу выпрямителя с помощью пускового тиристора VS2. При установке более высокого уровня напряжения этот тиристор закрывается и зарядка осуществляется напрямую через тиристор VS1. Подача управляющих импульсов на тиристоры в нужные моменты времени осуществляется с помощью МК, который с помощью детектора нуля сетевого напряжения определяет момент перехода сетевого напряжения через ноль, который является точкой отсчёта. С этого момента с помощью таймера формируется временной интервал 0...2180 мкс, в котором МК производит необходимые измерения и контроль. После окончания этого интервала времени в режиме настройки будет осуществляться временная задержка включения тиристоров, которую условно обозначим как F. Её устанавливают с помощью переменного резистора R3, расположенного на лицевой панели, в интервале от 0 до 7920 мкс. С каждой полуволной сетевого напряжения временной интервал задержки включения тиристора будет уменьшаться от F_{max} = 7920 мкс до установленного значения F с шагом 3 мкс, этим будет обеспечена плавная

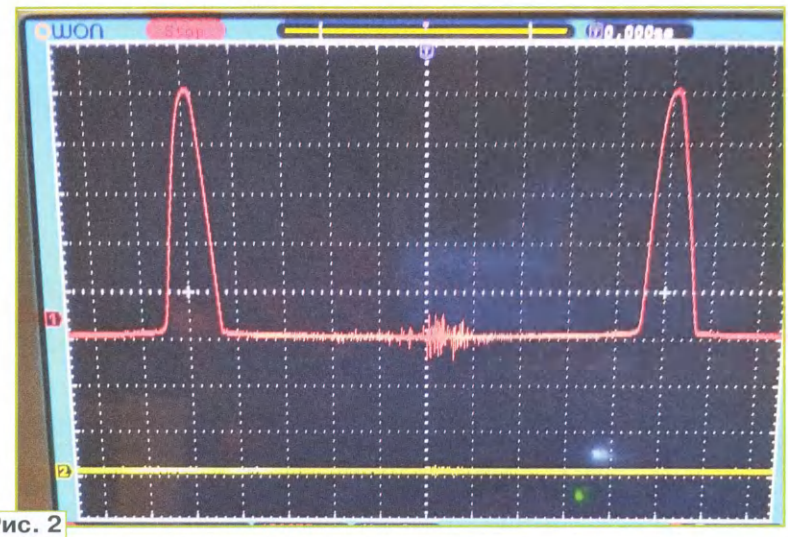


Рис. 2

зарядка конденсаторов C10—C13 до необходимого напряжения.

Питание узла управления тиристорного блока осуществляется от промышленного импульсного стабилизированного блока питания A1 OT-APB95 с выходным напряжением 12 В и выходным током до 2 А. Для питания микросхемы ОУ DA2, модуля МК A2 и ЖКИ HG1 использован интегральный стабилизатор напряжения на микросхеме DA1 с выходным напряжением 5 В. Конденсаторы C1, C2 служат для подавления импульсных помех. Детектор нуля сетевого напряжения [4] включает в себя резисторы R1, R2, выпрямительный диодный мост VD2 и оптрон U1. На излучающий диод оптрона U1 поступает пульсирующее напряжение, когда оно приближается к своему нулевому значению, фототранзистор оптопары закрывается и на вход B11 модуля МК A2 поступает импульс напряжения (**рис. 2**) высокого логического уровня (около 5 В). Это будет служить сигналом для МК, что сетевое напряжение достигает своего нулевого значения. Когда сетевое напряжение начинает увеличиваться, через излучающий диод оптрона снова начинает протекать ток и фототранзистор открывается, соединяя вход B11 модуля A2 с общим проводом. В итоге на вход B11 модуля A2 будет поступать низкий уровень напряжения и начнётся процесс управления тиристорами VS1 или VS2, которые открываются короткими импульсами напряжения длительностью 10 мкс. Эти импульсы поступают с выхода A5 или B0 модуля на электронные ключи VT1 и VT2. Нагрузкой ключей являются импульсные трансформаторы T1 и T2, которые служат для гальванической развязки между тиристорами и узлом управления. Напряжение, которое при этом индуцируется во вторичных обмотках трансформаторов, открывает тиристоры. Закрываются они самостоятельно, когда напряжение на них приближается к нулю.

Выполнены эти трансформаторы на ферритовых кольцевых магнитопроводах, которые имелись в моём распоряжении. Трансформатор T1 собран на магнитопроводе типоразмера 28×16×9, а трансформатор T2 — на магнитопроводе типоразмера 32×16×12. Два медных обмоточных провода с эмалевым покрытием диаметром 0,7 мм плотно свиты и намотаны на магнитопровод в один слой и являются первичной и вторичной обмотками. Трансформатор T1 имеет 28 витков, а трансформатор T2 — 37 витков. Конденсатор C6 является накопительным и обеспечивает требуемый для открывания тиристоров импульс тока в первичных обмотках этих трансформаторов. Диоды VD6, VD8 ограничивают выброс напряжения при закрывании электронных ключей на транзисторах VT1 и VT2.

МК STM32F103C8T6 имеет два 12-разрядных аналого-цифровых преобразователя. Один из них подключён к выводу A0 модуля A2, который соединён с подвижным контактом переменного резистора R3, который, как уже указывалось выше, служит для установки временной задержки F открывания тиристоров. Максимальное напряжение на этом резисторе не должно превышать 3,3 В, поэтому он подключён

Рис. 3

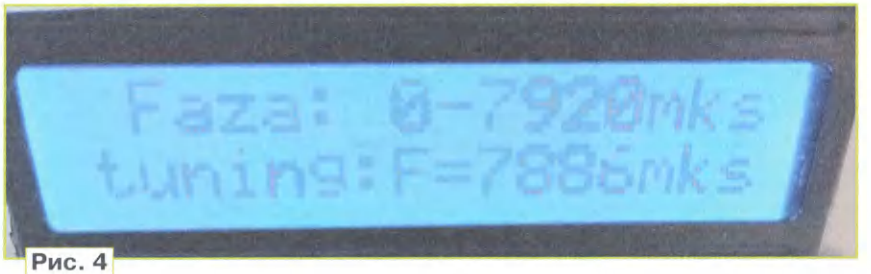


Рис. 4

Рис. 5

Рис. 6

к выходу стабилизатора напряжения 3,3 В модуля A2. С помощью другого АЦП, подключённого к входу A1 модуля A2, измеряется постоянное напряжение на выходе блока питания. Оно поступает на этот вход через резистивный делитель напряжения R22—R24. Сопротивления этих резисторов делителя надо подобрать так, чтобы напряжение на резисторе R24 не превышало 3,3 В даже при максимально допустимом значении выходного напряжения. Стабилитрон VD9 служит защитой от превышения этого напряжения.

Защита от короткого замыкания и перегрузки по току осуществляется с помощью датчика тока — резистора R18 (использован шунт сопротивлением 0,01 Ом от мультиметра). При протекании предельно допустимого тока 15 А падение напряжения на шунте будет около 0,15 В. Это напряжение усиливает ОУ DA2.1, а на ОУ DA2.2 собран компаратор, который сравнивает два напряжения. Одно — с выхода усилителя на ОУ DA2.1, второе — образцовое с резистивного делителя R15R20. Когда выходной ток превысит предельное значение, напряжение на неинвертирующем входе компаратора DA2.2 превысит напряжение на его инвертирующем входе, поэтому на его выходе появится напряжение высокого логического уровня, поступающее на вход B10 модуля A2, сигнализирующее об аварийной ситуации.

БП имеет три режима работы:
— контроль работоспособности;
— настройка;
— рабочий режим.

В режиме **контроля работоспособности** МК диагностирует исправность модуля ЖКИ (**рис. 3**) и индикаторных светодиодов на лицевой панели, включая их на непродолжительное время. Затем на ЖКИ отображается информация о интервале фазового сдвига (0—7920 мкс) и осуществляется предварительная установка фазы F с помощью переменного резистора на лицевой панели прибора (**рис. 4**).

В режим **настройки** БП переходит при нажатии на кнопку "Пуск" на лицевой панели. При этом кратковременно загорается светодиод HL1 зелёного свечения и на ЖКИ отображается значение установленного фазового сдвига F, измеренное выпрямленное напряжение U на выходе прибора и показания аналого-цифрового преобразователя ADC (**рис. 5**). В этом режиме осуществляется плавная зарядка конденсаторов C10—C13 до необходимого уровня, определяемого установленным значением F. Фазовый сдвиг можно изменять и подстраивать до нужного значения с помощью переменного резистора. Показания ADC служат как индикатор — с ними проще установить максимальное значение напряжения. Вывод информации на дисплей осуществляется каждые 0,3 с. Осуществляется контроль за допустимыми значениями напряжения и тока.

В **рабочий режим** прибор переходит при повторном нажатии на кнопку "Пуск". В этом режиме постоянно горит зелёный светодиод (**рис. 6**), и зарядка конденсаторов осуществляется только с помощью тиристора VS1 при любом значении F. Пусковой тиристор VS2 отключён программным способом. Периодический вывод информации на экран ЖКИ не производится. Осуществляется контроль за допустимыми значениями напряжения и тока. При последующем нажатии на кнопку БП опять переходит в режим настройки и т. п. Прибор имеет несколько степеней защиты от предельно допустимых значений напряжения и тока. Во входной цепи установлена плавкая вставка на ток 20 А. Дело в том, что тиристор имеет свои недостатки; например, если он открыт, то при возникновении короткого замыкания (КЗ) его невозможно закрыть до тех пор, пока напряжение на нём не станет близким к нулю, а это может занять время до 10 мс, в то время как для выхода из строя входных цепей при КЗ достаточно несколько микросекунд. Вот в этот опасный период предохранитель и защищает прибор от короткого замыкания.

Защита от предельно допустимого напряжения осуществляется программным способом. Известно, что ёмкостная

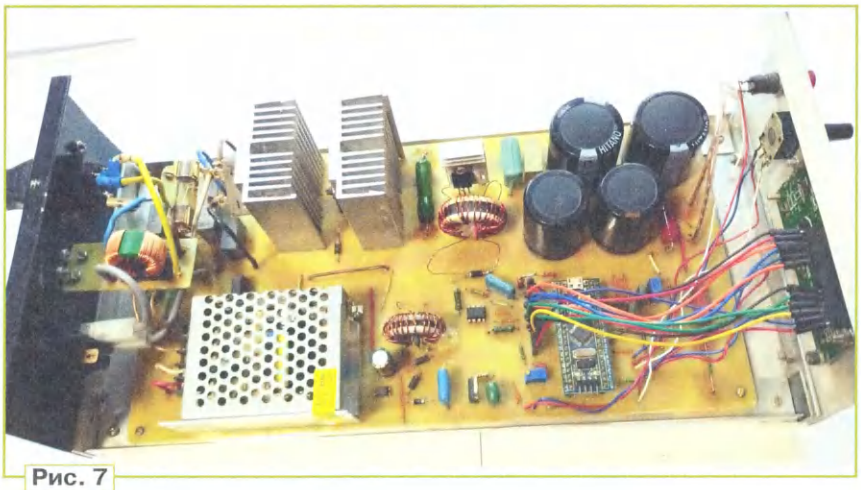


Рис. 7

нагрузка заряжается до амплитудного значения сетевого напряжения. МК с помощью АЦП измеряет выходное напряжение, и если во входной цепи напряжение превысит 240 В, что соответствует 340 В измеренного амплитудного значения напряжения на выходе, МК блокирует подачу управляющих импульсов на тиристор и включает аварийную сигнализацию — начинает мигать светодиод красного свечения HL2. Аналогично предусмотрено, что если ток нагрузки превышает 15 А, МК также блокирует подачу управляющих импульсов на тиристор и включает аварийную сигнализацию.

Программа для микроконтроллера STM32F103C8T6 написана на языке Си с помощью программы M32CubeMX для визуальной конфигурации МК серии STM32 и интегрированной среды разработки Atollic TrueStudiov.9.3.

Для разработки печатной платы блока питания использован пакет прикладных программ Dip Trace. Все детали смонтированы на плате из одностороннего фольгированного стеклотекстолита размерами 296×155 мм и толщиной 2 мм. Печатные проводники на плате, по которым проходят большие токи, дополнительно пролужены толстым слоем припоя. Тиристор BT151-800R можно заменить более мощным, например BT152-600R, BT152-800R. Внешний вид на внутренний монтаж БП показан на **рис. 7** и **рис. 8**.

Рис. 8

Налаживание БП включает в себя несколько этапов. Во-первых, надо определить минимальное время, которое затрачивает МК на необходимые измерения, начиная от момента фиксации нулевой фазы. Затем этот интервал времени будет жёстко фиксироваться с помощью таймера. Обозначим это время как $T_{изм}$. В нашем случае выбрано $T_{изм}$ = 2180 мкс. От продолжительности этого интервала зависит максимальное значение временной задержки F_{max} включения тиристоров. Как было указано выше, F_{max} = 7920 мкс. Тогда, если установить временную задержку включения тиристора, равную сумме $T_{изм} + F_{max}$ = = 2180 + 7920 = 10100 мкс (получается немного больше, чем длительность полуволны сетевого напряжения, это связано с тем, что датчик нуля срабатывает немного раньше нулевой фазы, что видно на рис. 2), то напряжение на выходе блока питания при включении питания должно быть равным нулю. Если напряжение оказалось не равным нулю, то это значит, что момент включения тиристора произошёл не в нулевой фазе. Если же напряжение на выходе увеличилось до максимального значения, следовательно, время включения тиристора "перескочило" через нулевую фазу и включение произошло в начале следующей полуволны сетевого напряжения. В этом случае надо уменьшать значение F_{max}, а если напряжение на выходе небольшое, надо увеличивать значение F_{max}. Если $T_{изм}$ установить меньше, чем МК затрачивает на необходимые измерения, это также приведёт к сбоям программы.

Следующий этап — калибровка измерителя выходного напряжения. Для этого к выходу блока питания подключают мультиметр, с помощью которого будем измерять выходное напряжение. Далее настроим вывод показаний АЦП, подключённого к выводу RA1, на экран ЖК-дисплея и будем постепенно увеличивать напряжение на выходе блока питания от нуля до максимума. Напряжение будем изменять с помощью переменного резистора на лицевой панели БП. Надо записывать показания мультиметра и показания АЦП. Помним, что 12-разрядный АЦП имеет максимальное число уровней квантования 4096, т. е. предельному значению выходного напряжения должен соответствовать уровень квантования (т. е. показания АЦП), который не превышает это число. Далее рекомендуется построить график соотношения между показаниями АЦП и выходным напряжением и вывести закономерность соответствия, отразив это соответствующими уравнениями, которые надо использовать в программе.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Самоделов А., Игнатов С.** Источники питания с цифровым управлением. — Силовая электроника, 2012, № 2, с. 54—62.

2. **Владимиров Е., Ланцов В.** Импульсные источники питания большой мощности с микропроцессорным управлением. — Современная электроника, 2009, № 1, с. 20—28.

3. **Новиков П., Гриднев Н.** Плавный заряд ёмкости: что выбрать? — Силовая электроника, 2012, № 2, с. 30—32.

4. **Басов Г., Исаков С.** Детектор нуля сетевого напряжения на оптроне. — Радио, 2022, № 6, с. 24—27.

***От редакции**. Файлы для программирования микроконтроллера, чертежи печатной платы в авторском варианте находятся по адресу **http://ftp.radio.ru/pub/2025/03/stab.zip** на нашем FTP-сервере.*

Полный апгрейд часов "Электроника-7"

В. РУБАШКА, г. Лисичанск, ЛНР

В одном общественном здании областного центра давно были установлены часы "Электроника-7". Таких часов, несмотря на их почтенный возраст, в пользовании остаётся ещё немало. Со временем яркость вакуумных люминесцентных индикаторов не только сильно упала, но и яркость отдельных точек стала очень разной. В целях экономии ресурса индикаторов часы включали только в рабочее время. Но при экономии индикаторов встала проблема расточительности резервных батареек. Найти часы, которые подошли бы по размеру и вписались в дизайн помещения, не смогли. Было предложено на основе старых часов сделать новые.

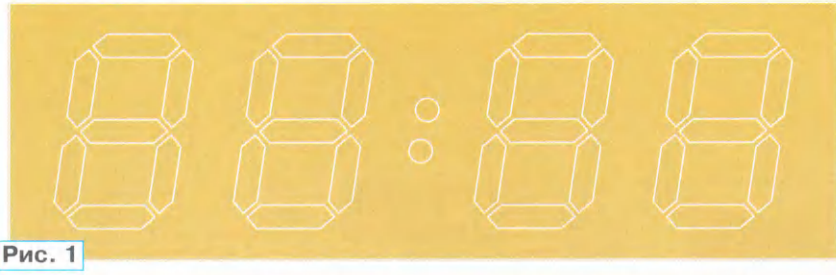


Рис. 1

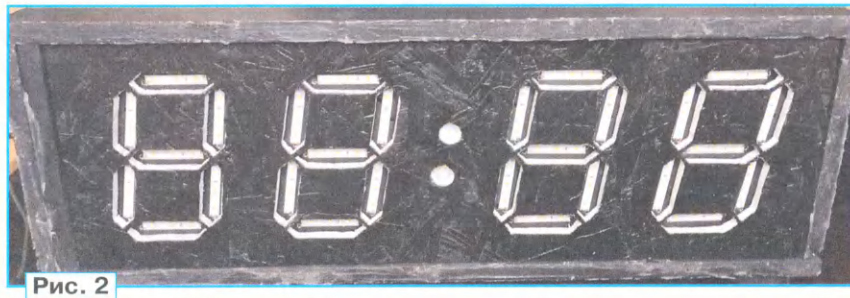


Рис. 2

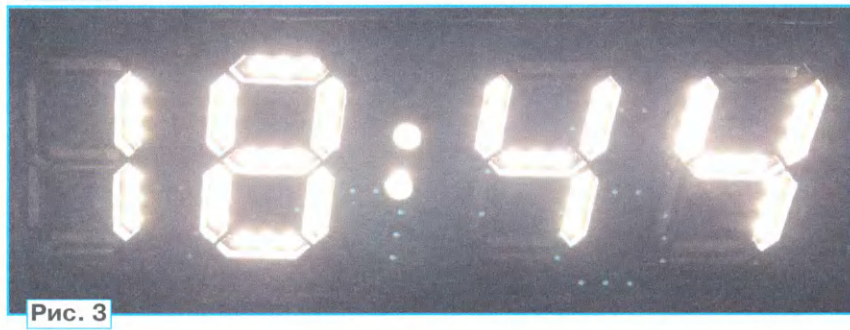


Рис. 3

В итоге поставленная задача была успешно решена, и получилась конструкция для тех, кто хочет модернизировать или собрать новые простые часы с большими яркими индикаторами.

Проект новых часов предполагал сохранить только корпус и старые размеры индикаторов (но перейти к другой их форме), которые должны быть на основе светодиодной ленты. Шаблон индикаторов показан на **рис. 1** (имеется на сайте журнала). После утверждения проекта была изготовлена фальшпанель из листа ОСБ толщиной 10 мм (**рис. 2**, **рис. 3**). В ней с помощью электролобзика, по предварительно распечатанному и наклеенному бумажному шаблону, были вырезаны элементы (**рис. 4**). Фальшпанель окрашена чёрной нитроэмалью из аэрозольного баллончика. Внутренние торцы элементов покрашены с помощью кисточки белой акриловой краской. С металлического основания были демонтированы отслужившие свой немалый срок печатные платы. По краям элементов на металлическом основании просверлены отверстия для подключения отрезков светодиодной ленты, которые приклеены к основанию, провода от неё распаяны на восьмиконтактные разъёмы. Один элемент цифры — отрезок светодиодной ленты длиной 5 см. Цвет свечения — тёплый белый. Разнообразие цветовой гаммы светодиодных лент позволяет сделать выбор на любой вкус. Применена лента с номинальным напряжением 12 В и плотностью 60 светодиодов на метр. Типоразмер светодиодов — 2835, погонная мощность ленты — 4,8 Вт/м. Этой мощности вполне хватает для хорошей видимости часов в дневное время из любого места помещения площадью примерно 250 м^2. Двоеточие между часами и минутами — это тоже пятисантиметровый отрезок ленты. Средний светодиод не виден из-за перемычки фальшпанели между точками.

В отличие от [1], схема этих часов максимально упрощена (**рис. 5**). Выводов используемого микроконтроллера (МК) хватает, чтобы не применять сдвиговые регистры. Подача питающего напряжения на индикаторы осуществляется с помощью четырёх микросхем DD1, DD2, DD4, DD5 (сборки транзисторных ключей ULN2803). Они расположены с левой и правой стороны контроллера. Из трёх штатных кнопок использованы только две, для установки часов и минут. При установке изменение идёт в сторону увеличения. Поэтому, если "проскочили" нужное время, придётся проходить новый круг. Коррекция при использовании часов реального времени DS3231 не нужна.

Рис. 4

Следует заметить, что рынок наполнен контрафактными микросхемами DS3231, которые не обеспечивают указанную точность. Поэтому нужно их приобретать не там, где дешевле, а у проверенных поставщиков. При желании можно собрать стенд и по нему производить отбраковку. Вначале двоеточие было подключено к выводу 1 Гц часов реального времени. Но мигание точек с частотой один раз в секунду не понравилось. Свободных выводов МК для управления двоеточием не осталось, поэтому был использован вывод AREF в нестандартном использовании [2]. Теперь двоеточие мигает раз в две секунды.

Блок питания — сетевой импульсный блок питания с выходным напряжением 12 В и током до 2 А, он размещён в корпусе часов, места там много.

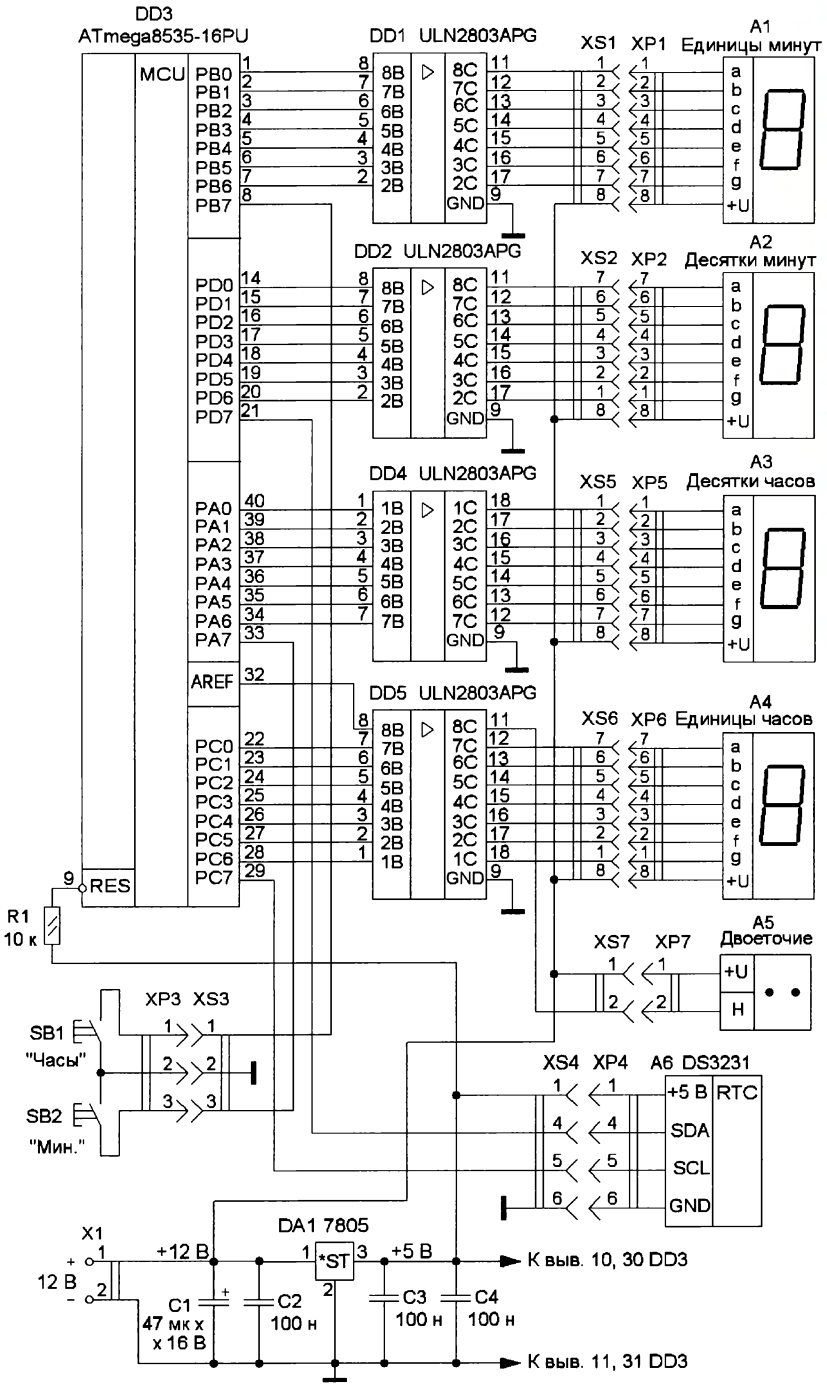


Рис. 5

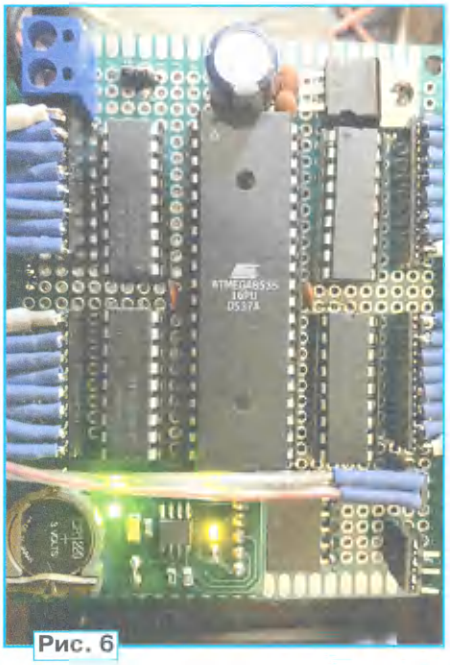


Рис. 6

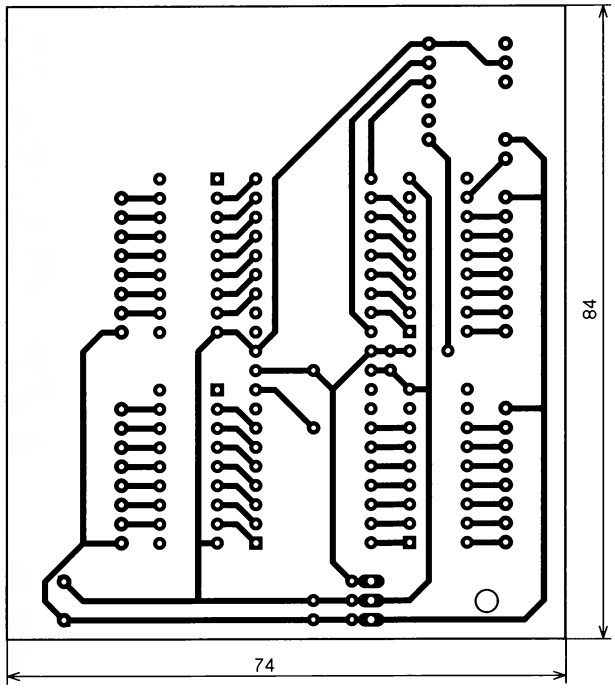
Вместо транзисторных сборок можно использовать одиночные биполярные или полевые транзисторы с резисторами обвязки. Разъёмы для подключения индикаторов, кнопок и модуля часов реального времени — серии PBS и PLS. Единственный резистор на сброс контроллера (вывод RES) любого типа, МЛТ или С2-23. Оксидный конденсатор — К50-35 или аналогичный импортного производства. Остальные конденсаторы — керамические серии К10-17. Схема размещения элементов на печатной плате показана на **рис. 8**. Внешний вид установленных часов показан на **рис. 9**.

Программа написана на языке BASCOM AVR. В начале кода указывают тип МК и тактовую частоту, на которой он работает ($regfile = " m8535.dat", $crystal = 8000000). МК тактируется от внутреннего генератора частотой 8 МГц. Далее поочерёдно выполняется настройка портов на выход для индикаторов и на вход для кнопок (Config PortX = Output, Config PortX.7 = Input). Конфигурируется подключение часов реального времени DS3231 (Config Scl = Portc.7, Config Sda = Portd.7). Объявляются переменные и константы, необходимые для написания программы (Dim, Const). В программе есть две функции для работы с часами реального времени. Gettime — для чтения текущего времени и Settime — для установки времени. В главном цикле Do Loop производится опрос кнопок установки часов и минут. В случае их нажатия значение времени увеличивается и происходит переход на подпрограмму записи нового времени (Gosub Settime). Дальше по коду считывается текущее время (Gosub Gettime). Полученные данные (des_hour, ed_hour, des_min, ed_min) преобразуются в коды для управления индикаторами с помощью массива Shrift (Temp = Lookup(XXX , Shrift)). Так как управление индикаторами статическое, использование тайме-

В качестве платы, на которой смонтировано большинство элементов, использована заводская макетная плата размерами 70×90 мм с металлизацией отверстий (**рис. 6**). На ней установлены все детали, соединения выполнены тонкими монтажными проводами.

После проверки работоспособности часов была разработана печатная плата, чертёж которой показан на **рис. 7**. Она изготовлена из двухстороннего фольгированного стеклотекстолита толщиной 1,5 мм. При использовании одностороннего фольгированного стеклотекстолита проводники на стороне размещения элементов можно выполнить отрезками изолированного монтажного провода.

В часах можно применить МК аналогичного семейства в корпусе DIP-40, например, ATmega8515, ATmega16, ATmega32, ATmega162, ATmega164, ATmega324. При этом придётся незначительно подкорректировать монтажную плату, если выводы не будут совпадать. И в программе переназначить тип МК. X1 — двухконтактный винтовой клеммник DG300-5.0-02P-14-00AH.



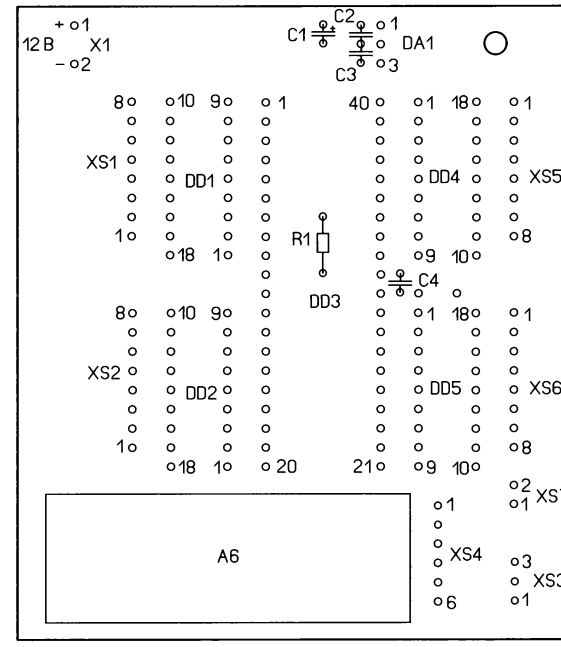


Рис. 8

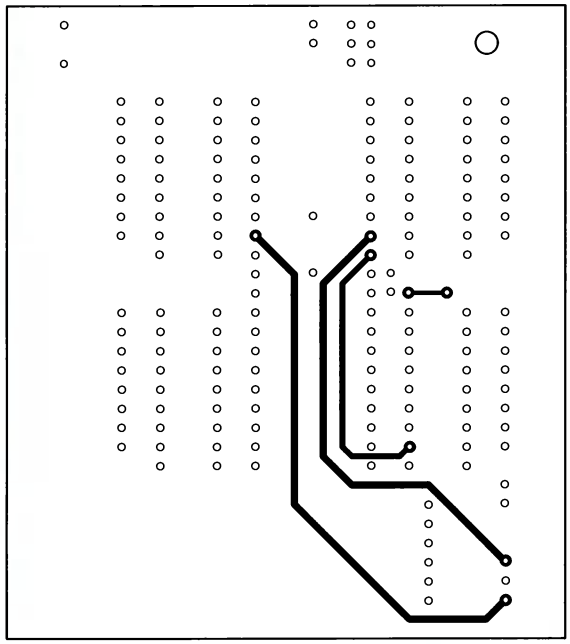


Рис. 7

ра для динамической развёртки не понадобилось. Вывод информации на индикаторы (PortX.Y = Temp.Y) и двоеточие (Admux =X) организован тоже в главном цикле.

В итоге программа получилась очень простой и занимает мало места в памяти МК. Поэтому можно подумать о дальнейшем её улучшении:

— сделать гашение незначащего нуля (задействовать для этого третью штатную кнопку);

— сделать уменьшенную яркость в вечернее и ночное время (понадобится таймер для ШИМ);

— сделать другую форму цифр 6, 7, 9 (с "хвостиками");

— переделать управление настройки времени. Одна кнопка увеличивает значение минут и часов, а другая уменьшает. При длительном удержании должна увеличиваться скорость. Такой способ будет похож на установку механических часов путём вращения стрелок одним колесом вперёд и назад. Благодаря точности микросхемы часов реального времени их не нужно периодически подстраивать.

Один день ушёл на разработку фальшпанели и её изготовление, второй — на монтаж платы и светодиодной ленты для индикаторов. Раньше такие вещи называли "конструкция выходного дня".

Если не планируется апгрейд часов "Электроника-7", то в собственной конструкции можно кратно изменить размер индикаторов. Например, увеличить их высоту в два раза, используя десятисантиметровые отрезки светодиодной ленты. Заодно можно элементы утолщить, используя для этого два параллельно приклеенных отрезка ленты. Используя в качестве ключей транзисторные сборки ULN2803, следует учитывать максимальный ток, потребляемый лентой, который не должен превышать 500 мА на вывод. Соответственно придётся увеличить мощность блока питания.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Никифоров В.** Модернизация больших электронных часов. — Радио, 2008, № 7, с. 34—36.

2. **Рубашка В.** Гармоничное тик-так для электронных часов. — Радио, 2024, № 6, с. 44—46.

Рис. 9

От редакции. *Чертёж печатной платы и файлы для программирования микроконтроллера находятся по адресу* ***http://ftp.radio.ru/pub/2025/03/clock.zip*** *на нашем FTP-сервере.*

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

РАДИО
E-mail: mail@radio.ru
о связи
ЖУРНАЛ В ЖУРНАЛЕ

Молодёжный кубок им. А. С. Попова — 2024 год

Седьмой раз эти соревнования проводились в ранге официальных, включённых в единый план всероссийских мероприятий на 2024 г.: спортивная дисциплина радиосвязь на КВ — телефон 1450061811Я, номер-код ЕКП Минспорта России — 2145000021024019. В них приняли участие 106 спортсменов (из них — 82 юноши и 24 девушки), 53 радиостанции (представили отчёты — 53; из них в зачёт — 43). Это на 39 участников меньше, чем в прошлом году. Среди них — 12 кандидатов в мастера спорта, 22 имеют первый спортивный разряд, 24 — второй спортивный разряд, восемь человек — третий спортивный разряд, восемь — первый юношеский спортивный разряд, восемь — второй юношеский спортивный разряд, один — третий юношеский спортивный разряд.

Команда радиостанции UA6U: на переднем плане — Михаил Тооль, за ним — Алина Морозова.

Турал Вейсалов — победитель в индивидуальном зачёте.

Команда радиостанции UN8LWZ (слева направо): Юлия Улан, Жанбике Сагадиева и Азат Паризов.

Татарстан, работавший позывным RC4P с коллективной молодёжной радиостанции. Его тренирует Ринат Фахразеевич Валеев (UA4PIE). На втором месте — Савелий Алимов (R4YAZ) из г. Чебоксары, Республика Чувашия. Третий результат показала Мария Нефедина из г. Болгара, Республика Татарстан, которая работала позывным R4PT с коллективной радиостанции Дома детского творчества. Её тренирует Сергей Павлович Козлов (R4PB).

В 2024 г., как и в предыдущие годы, команды коллективных радиостанций были разделены на три возрастные группы: радиостанции с двумя или тремя участниками в возрасте до 14 лет, с двумя или тремя участниками в возрасте до 16 лет и с двумя или тремя участниками в возрасте до 20 лет.

Среди команд коллективных радиостанций с участниками в возрасте до 14 лет на первое место вышла команда UA6U, п. Лиман Астраханской обл. В составе этой команды выступали Алина Морозова и Михаил Тооль. Тренирует команду Алексей Владимирович Попов (RC6U). На втором месте в этой группе — команда коллективной радиостанции RK4W Дворца детского (юношеского) творчества г. Ижевска. В её составе — Тимофей Гореев, Тимофей Клековкин и Алиса Соломатина. Тренер команды — Павел Анатольевич Коробко (R4WX). Третье место заняла команда коллективной радиостанции Центра технического творчества и профессионального обучения RZ5Z, г. Старый Оскол Белгородской обл. В составе команды выступали Иван Монаков, Елизавета Пахомова и Иван Плетнев. Тренер команды — Владимир Анатольевич Чичикалов (R3ZN).

В возрастной группе операторов до 16 лет победу одержала команда коллективной радиостанции средней шко-

SINGLE-OP JUNIOR-19

1	RC4P	251	251	27	6777
2	R4YAZ	173	173	23	3979
3	R4PT	167	167	21	3507
4	RK1B	133	133	23	3059
5	UB3RHK	118	118	23	2714
6	RY6AAM	101	101	20	2020
7	UB3PEU	78	78	14	1092
8	R0IAA	12	12	6	72

MULTI-OP JUNIOR-13

1	UA6U	239	239	26	6214
2	RK4W	232	232	25	5800
3	RZ5Z	206	206	27	5562
4	RM3X	157	157	23	3611
5	RM8L	139	139	25	3475
6	RZ4PXP	127	127	21	2667
7	R5AX	69	69	20	1380

MULTI-OP JUNIOR-15

1	UN8LWZ	276	276	26	7176
2	R4DS	230	230	27	6210
3	RO9T	211	211	27	5697
4	RA5AW	210	210	27	5670
5	RZ4W	214	214	26	5564
6	RK6HWP	203	203	25	5075
7	R5AP	187	187	27	5049
8	RK9LWA	191	191	26	4966
9	RK3IXB	182	182	25	4550
10	RZ3DZI	144	144	26	3744
11	R3RA	142	142	26	3692
12	RD4SB	165	165	22	3630
13	RK4CYW	138	138	23	3174
14	R6CF	134	134	22	2948
15	R4CGE	99	99	22	2178
16	RC1AM	75	75	22	1650
17	RC9FC	88	88	16	1408
18	RY6AAC	63	63	18	1134

MULTI-OP JUNIOR-19

1	RD8U	261	261	28	7308
2	R3MAI	245	245	26	6370
3	R0AK	207	207	29	6003
4	RA5AD	208	208	26	5408
5	R3DCY	184	184	26	4784
6	UR6GZL	174	174	24	4176
7	UB3T	143	143	24	3432
8	RA0AB	97	97	19	1843

OM SINGLE-OP

1	R2BW	46	46	19	874

OM MULTI-OP

1	RA8CP	167	167	23	3841

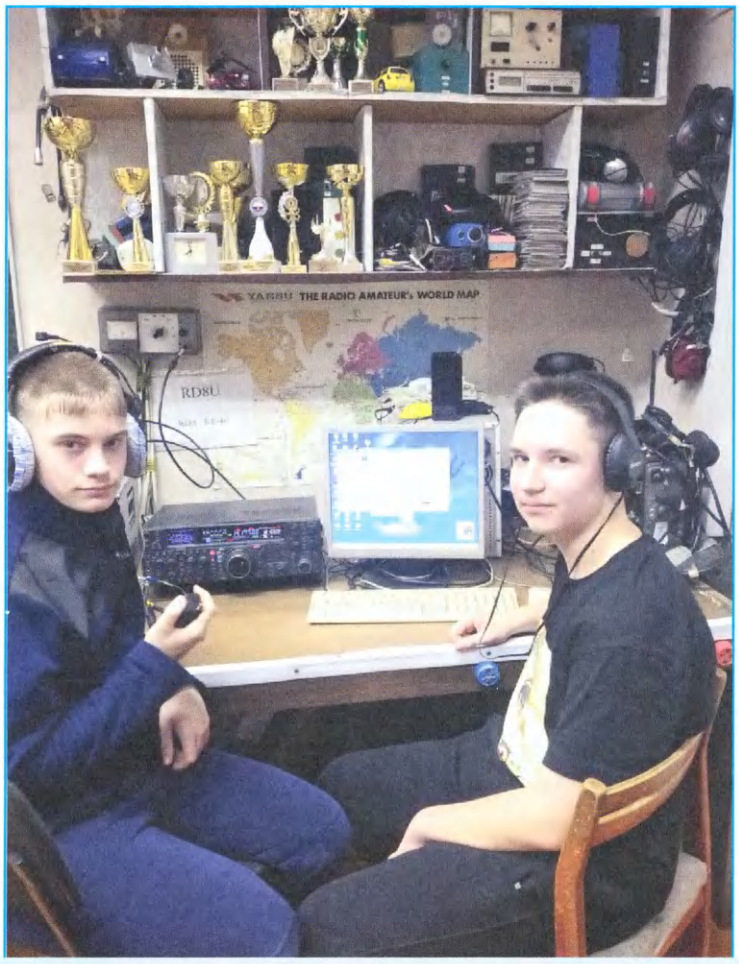
SWL

1	R6H-111	48	84	1	84
2	R6H-119	36	64	1	64
3	R6H-25	14	24	1	24
4	R6H-120	9	15	1	15

В спортивных соревнованиях среди молодёжи "Кубок им. А. С. Попова" в 2024 г. участвовали представители 26 субъектов Российской Федерации из восьми федеральных округов.

В индивидуальном зачёте (вид программы SO — радиостанция с одним участником в возрасте до 20 лет, все диапазоны) первое место занял Турал Вейсалов, г. Азнакаево, Республика

лы № 11 UN8LWZ, г. Костанай, Казахстан. В её составе выступали Азат Паризов, Жанбике Сагадиева и Юлия Улан. Тренирует команду Анатолий Дмитриевич Ефанов (UN9LA). Второе



Команда радиостанции RD8U: слева — Михаил Савин (UB9UEW), справа — Никита Углов (UB9UGC).

место заняла команда коллективной радиостанции R4DS радиокружка "Эфир" МБУ ДО "Центр развития творчества детей и юношества", г. Пугачёв Саратовской обл. В её составе выступали Арина Кузина, Назар Филатов и Тимофей Заседателев. Тренирует команду Дмитрий Владимирович Ивлиев (R4DI). На третьем месте в этой группе — команда коллективной радиостанции молодёжного радиоклуба RO9T, г. Орск Оренбургской обл., в которую входили Илья Капранов, Игорь Епишин и Тимур Туралинов. Тренер команды — Александр Сергеевич Лёвочкин (RA9SSM).

В "старшей" возрастной группе (до 20 лет) среди коллективных радиостанций первенствовала команда RD8U из пгт Яя Кемеровской обл., в составе которой выступали Михаил Савин (UB9UEW) и Никита Углов (UB9UGC). Тренирует команду Виктор Александрович Сидельцев (RZ9UF). Второе место у "старшеклассников" заняла команда R3MAI Городского центра молодёжи и спорта из г. Ростова Ярославской обл., за которую выступали Анастасия Ермолаева, Алексей Лебедев и Олег Ухтомов. Готовил команду к соревнованиям Игорь Николаевич Трусов (RJ2M). На третьем месте в этой группе — команда коллективной радиостанции R0AK МБУ ДО "Центр творчества и развития "Планета талантов" г. Ачинска Красноярского края. В составе этой команды выступали Фёдор Брязгин, Надежда Новикова и Денис Сюськин. Тренирует команду Александр Иванович Смахтин (R0AA).

В общем зачёте среди спортивных команд субъектов РФ первое место заняла команда Москвы, второе место — команда Республики Удмуртия. На третьем месте — команда Саратовской обл.

По результатам соревнований среди молодёжи "Кубок им. А. С. Попова" выполнили норматив кандидата в мастера спорта 22 человека, первого спортивного разряда — 40, второго спортивного разряда — 18, первого юношеского спортивного разряда — шесть, второго юношеского спортивного разряда — три спортсмена.

Вне зачёта в этих соревнованиях приняли участие спортсмены в возрасте до 25 лет. В группе индивидуальных радиостанций участвовал один спортсмен — Григорий Аникин (R2BW) из г. Москвы.

В группе коллективных с участниками в возрасте до 25 лет была заявлена одна радиостанция RA8CP из г. Екатеринбурга, за которую выступали Сергей Жученко, Никита Кокин и Егор Терентьев.

В группе наблюдателей на первом месте Мария Андреева (R6H-111), второе место заняла Вероника Черкашина (R6H-119), на третьем месте — Алёна Селина (R6H-25). Все участники — из г. Изобильного Ставропольского края.

Технические результаты участников приведены в **таблице** по группам: занятое место, позывной, число подтверждённых связей, число очков за подтверждённые связи, множитель, итоговый результат. Полные технические результаты можно посмотреть по адресу **http://www.radio.ru/cq/contest/result/y_popov_cup_2024_tab_site.pdf** на сайте журнала "Радио", а также по адресу **https://srr.ru/wp-content/uploads/2024/11/Protokol_VS_KV-TLF_Kubok_Popova_2024.pdf** на сайте Союза радиолюбителей России. ■

РАДИАЛ
ОБУЧЕНИЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ И ЛЮБИТЕЛЬСКОЙ РАДИОСВЯЗИ
в учебном центре ООО «Фирма «Радиал» (г. Углич)
- Основы радиосвязи
- Распространение радиоволн
- Управление радиостанцией
- Виды модуляции
- Частотные диапазоны
- Регламент радиосвязи
- Устройство антенн
- Практические занятия
- Дальность радиосвязи и другое
- А также музей радиостанций и антенн

+7 (495) 775-43-19 radial@radial.ru www.radial.ru

Юбилейная радиоэкспедиция "Говорит Ленинград!"

Евгения РЫБКИНА, г. Санкт-Петербург

О радиоэкспедиции и её итогах рассказывает организатор экспедиции, правнучка Петра Николаевича Рыбкина, ассистента Александра Степановича Попова.

10 января 2025 г., в день столетия регулярного радиовещания, совпавший с днём памяти П. Н. Рыбкина, его потомок, Е. Ю. Рыбкина, посетила могилу своего предка, находящуюся на военной площадке городского кладбища в Кронштадте.

Могила П. Н. Рыбкина на военной площадке городского кладбища в Кронштадте, 10 января 2025 г.

После посещения захоронения она направилась на эсминец "Беспокойный", пришвартованный у западной дамбы Усть-Рогатки в Кронштадте, где совместно с радиолюбителями устанавливала антенну и настраивала радиооборудование.

Историческая справка

Петр Николаевич Рыбкин (13 мая 1865 г. — 10 января 1948 г.), ассистент и близкий друг изобретателя радио А. С. Попова, отличался крепким здоровьем и лишь дважды за последние полгода жизни вызывал скорую помощь из Морского госпиталя Кронштадта. Несмотря на это, после непродолжительной болезни он скончался 10 января 1948 г. На похоронах П. Н. Рыбкина присутствовали родственники А. С. Попова, друзья, знаменитые учёные и около 15 тыс. военных моряков.

Новость о кончине П. Н. Рыбкина, которого признают первым в мире радистом, имела значительный международный отклик. Сообщение о его смерти было опубликовано не только в советских газетах и отечественном журнале "Радио", но и передано крупнейшим мировым информационным агентством Reuters в Лондоне. Некрологи появились в таких известных изданиях, как американская газета The New York Times и британский научный журнал Wireless World.

13 января 2025 г., в день торжественного открытия памятной пластины на месте будущей стелы на территории СПбГЭТУ "ЛЭТИ", посвящённой столетнему юбилею начала регулярного радиовещания в Ленинграде, совпавшей с днём памяти А. С. Попова, Е. Ю. Рыбкина вместе с участниками радиоэкспедиции "Говорит Ленинград!" посетили могилу известной поэтессы и сотрудницы Дома радио (Ленинградский радиокомитет) Ольги Фёдоровны Берггольц. Её захоронение расположено рядом с могилой А. С. Попова на "Литераторских мостках" Волковского православного кладбища в Санкт-Петербурге.

Этот день, 10 января, словно голос из прошлого, продолжает отзываться в наших сердцах. Таинственная, почти магическая связь времён и судеб.

Могила О. Ф. Берггольц на "Литераторских мостках" Волковского православного кладбища в Санкт-Петербурге, 13 января 2025 г.

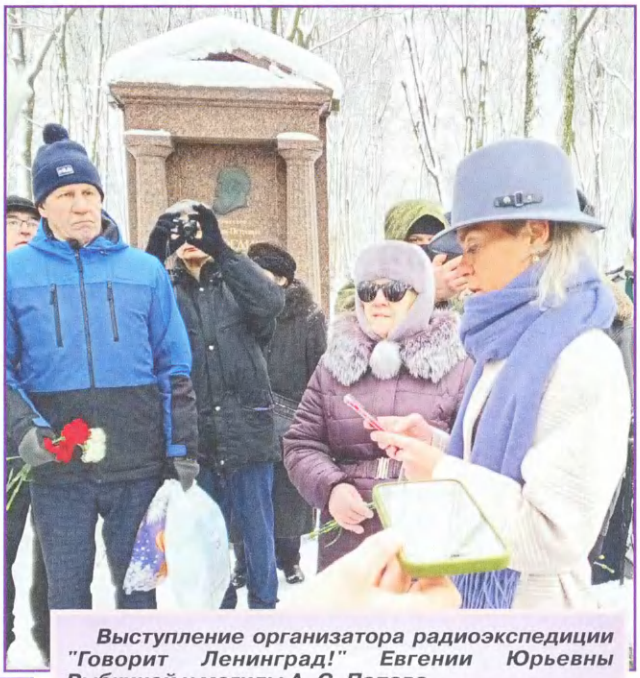
Вдумайтесь: всякий раз, когда мы вспоминаем эту дату, перед нами раскрывается целая череда событий, неразрывно связанных с историей радио, радиовещанием и Домом радио. Можно выделить три ключевые даты.

- 10 января 1925 г. ленинградское радио начало своё регулярное вещание из стен "ЭТИ", наполнив городскую тишину призывом "Говорит Ленинград!".
- 10 января 1942 г., в одну из тяжелейших ночей блокадного Ленинграда, находясь в Доме радио, Ольга Берггольц, потрясённая ужасами войны, почувствовала непреодолимое желание взяться за перо и начать работу над своей бессмертной книгой "Говорит Ленинград".
- 10 января 1948 г., ровно через шесть лет, ушёл из жизни Пётр Николаевич Рыбкин, пионер радиосвязи и радиотехники, соратник и друг А. С. Попова.

13 января 2025 г. в Санкт-Петербурге состоялось культурно-просветительское мероприятие — радиоэкспедиция "Говорит Ленинград!", приуроченное ко дню памяти выдающегося русского учёного Александра Степановича Попова (1859—1906). Мероприятие было посвящено сразу двум важным датам: столетию начала регулярного радиовещания в Ленинграде (10 января 1925 г.) и 125-летию внедрения радиосвязи на Русском флоте (5 февраля 1900 г.).

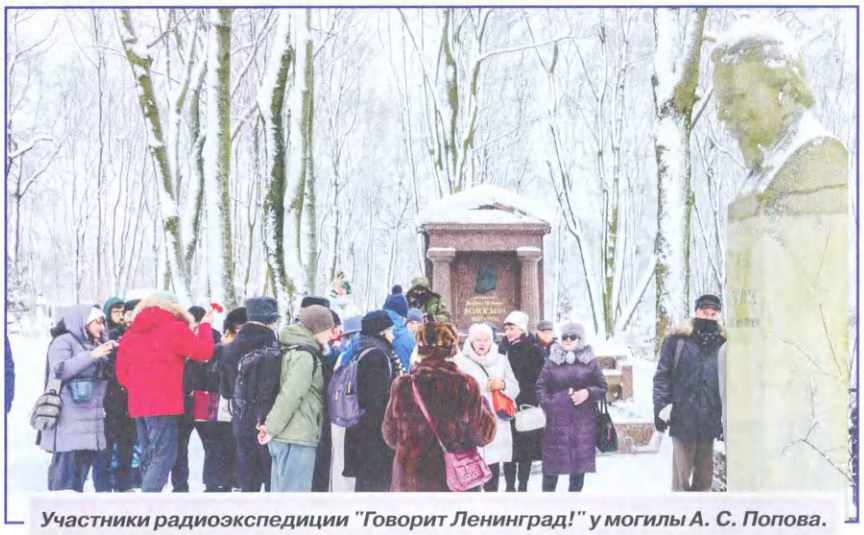
Программа мероприятия стартовала ранним утром с посещения "Литераторских мостков" Волковского православного кладбища, где прошла памятная церемония у могилы А. С. Попова.

Собравшиеся почтили память учёного, вспомнив его жизненный путь и научные достижения, после чего возложили цветы и провели минуту молчания.



Выступление организатора радиоэкспедиции "Говорит Ленинград!" Евгении Юрьевны Рыбкиной у могилы А. С. Попова.

Памятник А. С. Попову у его могилы.



Участники радиоэкспедиции "Говорит Ленинград!" у могилы А. С. Попова.

Сбор участников радиоэкспедиции "Говорит Ленинград!", гостей, руководства, преподавателей, студентов СПбГЭТУ "ЛЭТИ" и СМИ у памятника А. С. Попову.

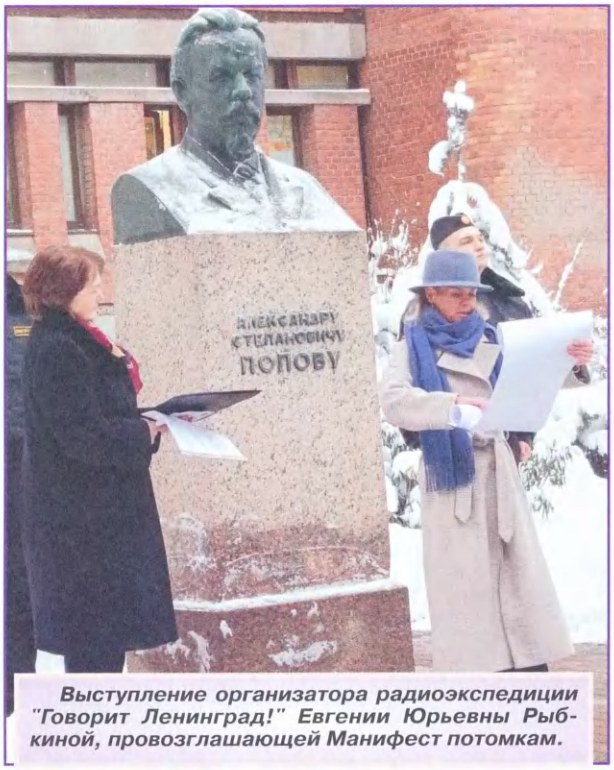
Построение почётного караула у памятника А. С. Попову на территории СПбГЭТУ "ЛЭТИ".

Выступление директора Мемориального музея А. С. Попова при СПбГЭТУ "ЛЭТИ" Ларисы Игоревны Золотинкиной.

Выступление проректора по молодёжной политике СПбГЭТУ "ЛЭТИ" Ольги Витальевны Ивановой, которая обращается от имени ректора университета Виктора Николаевича Шелудько.

Выступление заведующего отделом аппаратурных фондов Центрального музея связи имени А. С. Попова Арсения Игоревича Золотникова, который зачитывает торжественный адрес от лица директора музея связи Сергея Александровича Иванюка.

Затем участники посетили захоронения других видных деятелей науки и культуры, среди которых Дмитрий Иванович Менделеев, Валентин Петрович Вологдин, Ольга Федоровна Берггольц, а также актёры, снявшиеся в биографическом фильме "Александр Попов" 1949 г.: Александр Фёдорович



Выступление организатора радиоэкспедиции "Говорит Ленинград!" Евгении Юрьевны Рыбкиной, провозглашающей Манифест потомкам.

Возложение цветов к памятнику А. С. Попову.

Директор Мемориального музея А. С. Попова при СПбГЭТУ "ЛЭТИ" Лариса Игоревна Золотинкина даёт интервью телеканалу "Санкт-Петербург".

Борисов (роль П. Н. Рыбкина), Бруно Артурович Фрейндлих (роль Маркони) и Юрий Владимирович Толубеев (роль Ф. Ф. Петрушевского).

Следующей остановкой стала экскурсия в выставочном комплексе Патриотического объединения "Ленрезерв", где вниманию участников экспедиции была предложена экспозиция, освещающая историю Ленинграда в годы Великой Отечественной войны, а также представлены уникальные образцы радиовещательного оборудования и средств связи той эпохи.

Центральным событием дня было посещение Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета "ЛЭТИ" имени В. И. Ульянова (Ленина). Здесь, у памятника А. С. Попову, был организован почётный караул, и состоялась торжественная церемония возложения цветов.

Участники радиоэкспедиции "Говорит Ленинград!" у памятника А. С. Попову в СПбГЭТУ "ЛЭТИ".

Церемония открытия закладной пластины на месте установки будущей стелы в память 100-летия начала регулярного радиовещания в Ленинграде на территории СПбГЭТУ "ЛЭТИ". Выступление директора Мемориального музея А. С. Попова при СПбГЭТУ "ЛЭТИ" Ларисы Игоревны Золотинкиной.

Здесь будет установлена стела, посвящённая 100-летию начала регулярного радиовещания в Ленинграде

Начало развития радиовещания в СССР было положено Постановлением «О частных приемных радиостанциях» (от 28 июня 1924 г.), получившее название «Закон о свободе эфира».

Для покрытия вещанием как можно большей территории страны была необходима достаточно высокая радиомачта.

Самая высокая в Ленинграде металлическая мачта высотой 74 метра была построена в 1914 году на территории парка Электротехнического института для практической подготовки инженеров по беспроводной телеграфии, начавшейся в 1909 году.

24 декабря 1924 года вышла в эфир первая в Ленинграде радиовещательная станция, а 10 января 1925 года началось её регулярное вещание.

Уже первые программы ленинградской студии, размещавшейся в небольшом здании у подножия антенны, принимали не только в европейской части СССР, но в Европе и даже в Америке.

Церемония открытия закладной пластины на месте установки будущей стелы в память 100-летия начала регулярного радиовещания в Ленинграде на территории СПбГЭТУ "ЛЭТИ".
Общий вид пластины.
Текст мемориальной пластины.

Торжественное подписание участниками радиоэкспедиции "Говорит Ленинград!" Манифеста потомкам за рабочим столом А. С. Попова. Этот свиток с Манифестом позже будет запечатан в капсулу времени и заложен в подножие будущей стелы сроком на 100 лет.

Юбилейные баннеры.

С речами перед собравшимися выступили: директор Мемориального музея А. С. Попова при СПбГЭТУ "ЛЭТИ" Лариса Игоревна Золотинкина; проректор по молодёжной политике СПбГЭТУ "ЛЭТИ" Ольга Витальевна Иванова, которая обратилась от имени ректора университета Виктора Николаевича Шелудько; заведующий отделом аппаратурных фондов Центрального музея связи имени А. С. Попова Арсений Игоревич Золотников, который зачитал торжественный адрес от лица директора музея связи Сергея Александровича Иванюка; организатор радиоэкспедиции "Говорит Ленинград!" Евгения Юрьевна Рыбкина, огласившая послание Председателя Совета Фонда "История Отечества" Сергея Евгеньевича Нарышкина и провозгласившая Манифест потомкам.

Кульминацией мероприятий стала церемония открытия пластины на месте будущей стелы на территории СПбГЭТУ "ЛЭТИ", которая будет возведена в честь столетия начала регулярного радиовещания в Ленинграде.

Продолжилась экспедиция в музее-лаборатории А. С. Попова, где открылась выставка, посвящённая 125-летию создания первой в мире практической радиолинии "Гогланд—Котка", запущенной 5 февраля 1900 г. А. С. Поповым и его ассистентом Петром Николаевичем Рыбкиным. Участники радиоэкспедиции смогли посетить как саму лабораторию, так и музей-квартиру учёного.

Вечером в квартире А. С. Попова прошёл концерт классической музыки, посвящённый дню его памяти. Лауреаты международных конкурсов Мария Полшкова (фортепиано), Фёдор Савик (труба), Екатерина Коротеева (флейта) и Сергей Астахов (фортепиано) исполнили произведения Глинки, Чайковского, Рахманинова, Шопена, Верди, а также романсы старшего сына учёного — Степана Попова. В репертуар вошли композиции, когда-то звучавшие в доме Поповых, в том числе арии и вальсы, исполнявшиеся на флейте П. Н. Рыбкиным.

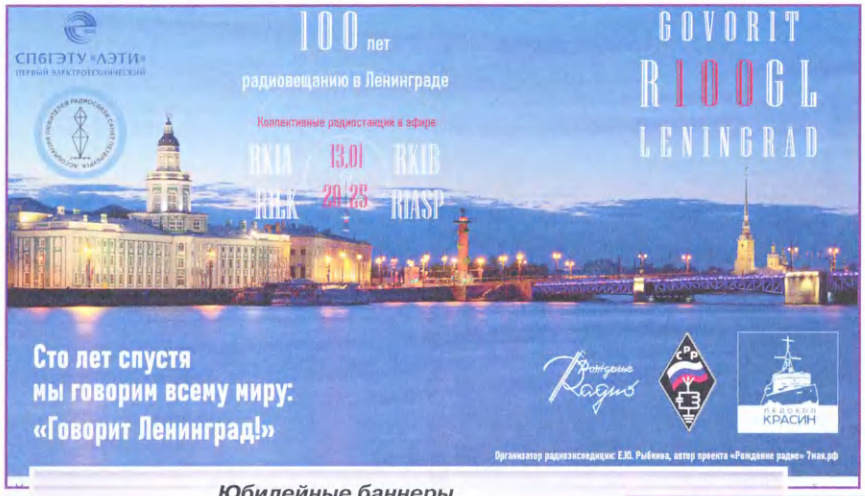
Вечер завершился торжественным подписанием участниками радиоэкспедиции "Говорит Ленинград!" Манифеста потомкам за рабочим столом А. С. Попова. Этот свиток с Манифестом позже будет запечатан в капсулу времени и заложен в подножие будущей стелы сроком на 100 лет.

Параллельно с основными событиями, в рамках дипломной программы "Говорит Ленинград!", радиолюбители экспедиции провели в этот день по всей России юбилейный эфир, используя специальный мемориальный позывной R100GL.

Радиоэкспедиция "Говорит Ленинград!" завершилась 6 февраля 2025 г.

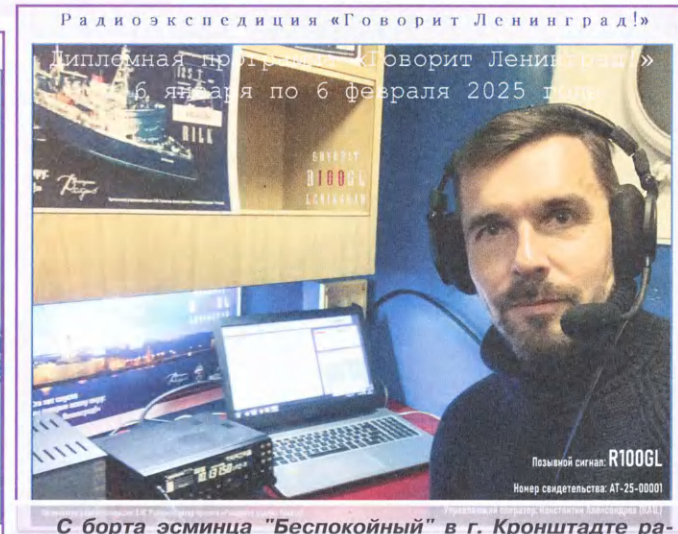
Это мероприятие наглядно продемонстрировало важность сохранения исторической памяти, преемственности поколений и увековечения памяти тех, кто стоял у истоков радиотехники и внёс значительный вклад в становление регулярного радиовещания в Ленинграде и развитие радиосвязи на Русском флоте. Мероприятие не только привлекло внимание общественности,

Юбилейные баннеры.

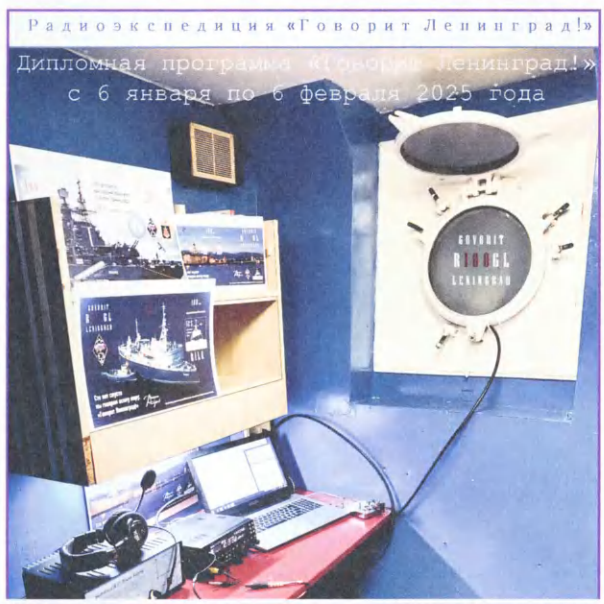


Юбилейные баннеры.

Военный корабль-музей эсминец "Беспокойный", г. Кронштадт, 10 января 2025 г.



С борта эсминца "Беспокойный" в г. Кронштадте работает в эфире управляющий оператор специального позывного R100GL — радиолюбитель, член Регионального отделения Союза радиолюбителей России по Санкт-Петербургу, радиооператор первой квалификационной категории Константин Александров (RA1L), 10 января 2025 г.



Каюта радиолюбителя на военном корабле эсминце "Беспокойный", г. Кронштадт, 10 января 2025 г.

сигналом R100GL, символизирующим "Россия 100 Говорит Ленинград". Передача и приём радиосигналов осуществлялись с борта корабля-музея эсминца "Беспокойный" в г. Кронштадте — родине радио.

Управляющим оператором радиостанции стал радиолюбитель, член Регионального отделения Союза радиолюбителей России по Санкт-Петербургу, радиооператор первой квалификационной категории Константин Александров (RA1L).

Эфирная работа на военном корабле велась мощностью до 100 Вт, длина антенны — 84 м.

Следует также упомянуть, что государственное свидетельство на использование специального позывного R100GL было выдано ФГУП "Главный радиочастотный центр" под первым номером — АТ-25-00001, став, таким образом, наиболее почётным свидетельством, выданным в России в 2025 г.

В ходе реализации дипломной программы R100GL "Говорит Ленинград!", чей вдохновляющий девиз "Сто лет спустя мы говорим всему миру: "Говорит Ленинград!" звучал в эфире с 6 января по 6 февраля 2025 г., за месяц было проведено 3231 радиосвязей (телефонная, телеграфная и цифровые её виды), а также выдано 404 диплома.

С эсминца были установлены контакты с более чем 70 странами мира на всех шести континентах, среди которых Россия, Беларусь, Китай, США, Великобритания, Германия, Италия (включая остров Сицилия), Франция (включая остров Корсика), Швейцария, Израиль, Греция, Финляндия, Турция, Япония, Испания, Болгария, Венгрия, Грузия, Казахстан, Латвия, Ливан, Литва, Молдова, Норвегия, Польша, Румыния, Северная Македония, Сербия, Словения, Украина, Хорватия, Черногория, Чехия, Эстония, Швеция, Шотландия и другие страны.

но и ещё раз подтвердило лидирующую роль СПбГЭТУ "ЛЭТИ" в развитии ключевых научных и технических направлений.

Итоги радиоэкспедиции "Говорит Ленинград!"

10 января 2025 г., в знаменательный день, совпавший сразу с двумя важными событиями — столетием начала регулярного радиовещания в Ленинграде (10 января 1925 г.) и днём памяти первого в мире радиста Петра Николаевича Рыбкина (10 января 1948 г.), начала свою работу мемориальная любительская радиостанция специальным позывным

РАДИО начинающим
ЖУРНАЛ В ЖУРНАЛЕ

Индикатор уровня воды в резервуаре

Д. ЗАРИПОВ, г. Москва

Этот индикатор разработан студентом группы МТ-51 Дмитрием Зариповым под руководством преподавателя А. Е. Донченко в рамках выполнения дипломного проектирования в "Образовательном Комплексе "Юго-Запад" г. Москвы.

Контроль уровня жидкости в резервуарах — задача, которая часто возникает в быту, например на дачном участке или в небольших производственных установках. Предлагаемый датчик уровня жидкости поможет решить эту задачу, он прост в изготовлении, собран из доступных ком-

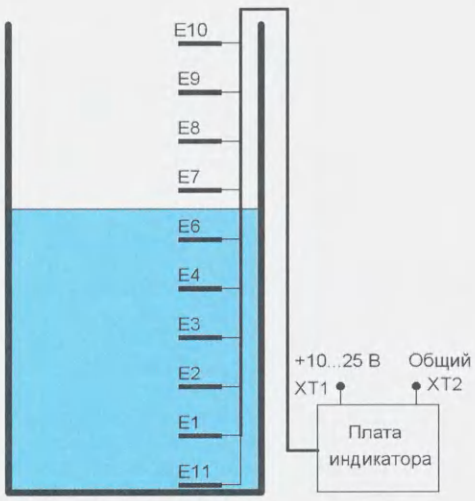
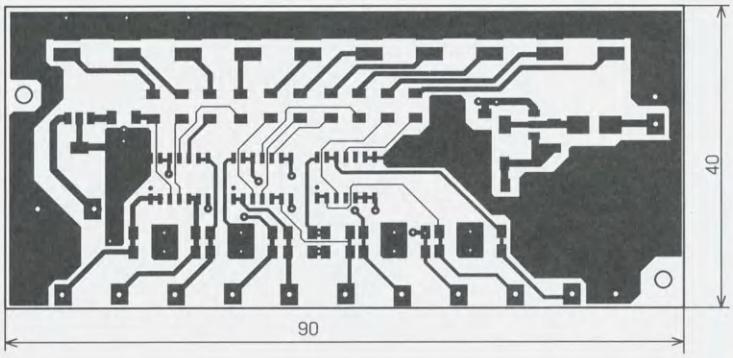
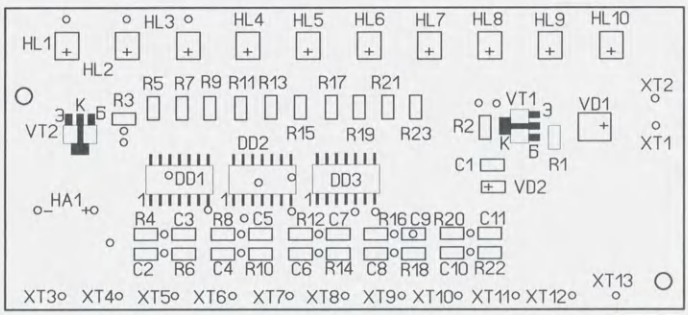


Рис. 2





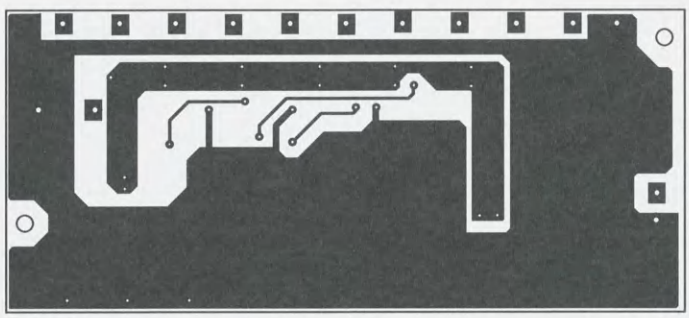
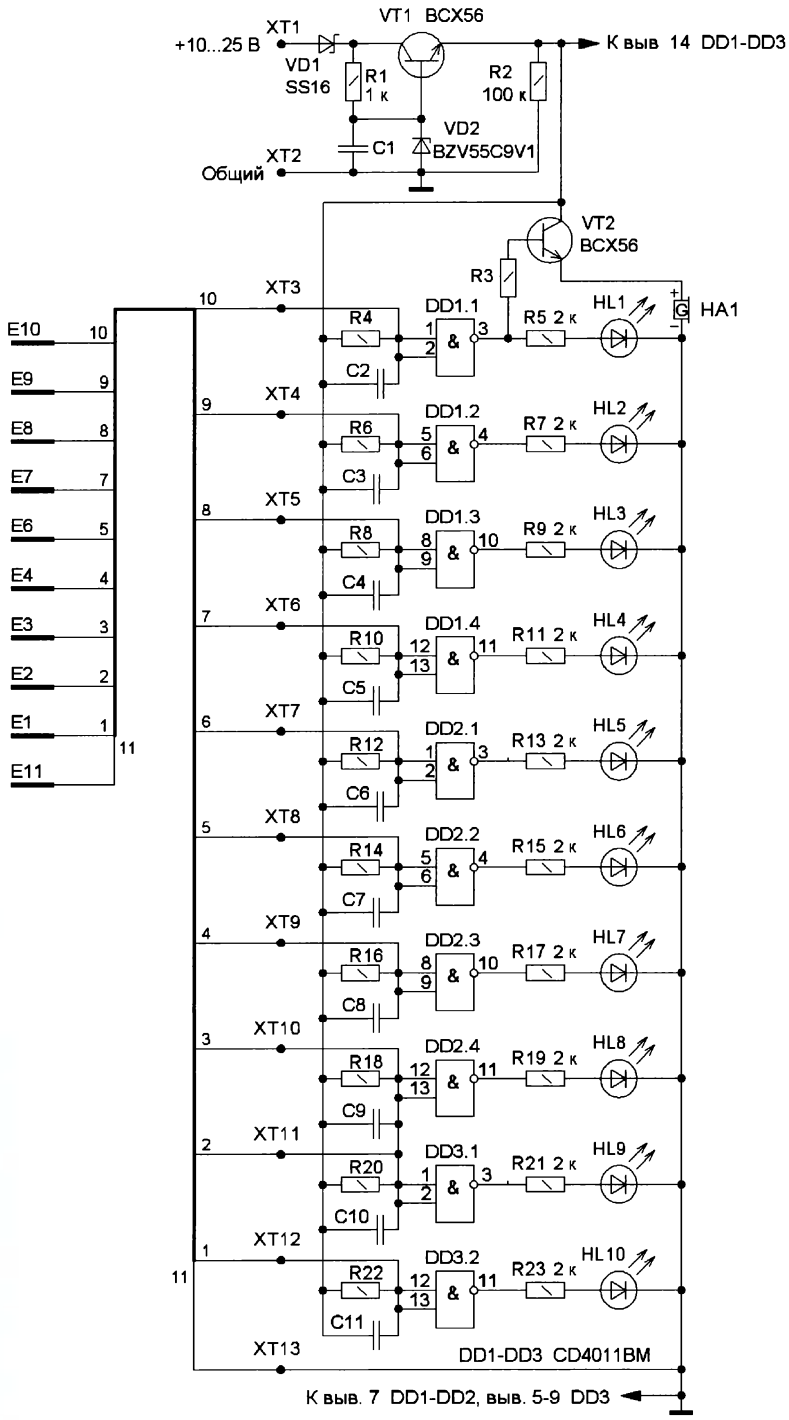


Рис. 3



R4, R6, R8, R10, R12, R14, R16, R18, R20, R22 300 к

C1-C11 150 н HL1 YLL-T35R-CY-D30

HL2-HL10 YLL-T35G-CY-D30

Рис. 1

понентов и обеспечивает индикацию десяти уровней воды с помощью светодиодов, а также звуковую сигнализацию при достижении водой верхнего уровня.

Схема индикатора показана на **рис. 1**. Он содержит датчики E1—E11, при этом датчик E11 — общий и расположен на дне резервуара. Принцип работы датчиков — резистивный. При достижении уровня воды какого-либо датчика сопротивление между ним и общим датчиком E11 резко уменьшается. На это изменение реагируют пороговые устройства, собранные на логических элементах, входящих в состав микросхем DD1—DD3. В исходном состоянии на входы этих элементов через резисторы R4, R6, R8, R10, R12, R14, R16, R18, R20, R22 поступает напряжение высокого логического уровня (лог. 1). Поэтому на выходах логических элементов будет напряжение низкого логического уровня (лог. 0), все светодиоды погашены, а акустический излучатель со встроенным генератором HA1 обесточен. Для подавления импульсных помех параллельно этим резисторам установлены конденсаторы C2—C11.

Когда при наполнении резервуара вода достигнет датчика, например E1, сопротивление между ним и общим датчиком уменьшится и на входе элемента DD3.2 установится лог. 0, а на его выходе — лог. 1. При этом включится светодиод HL10, сигнализируя о достижении водой первого уровня. По мере наполнения резервуара вода достигнет следующего датчика E2, переключится логический элемент DD3.1 и включится светодиод HL9. Так по мере повышения уровня воды будут последовательно включаться остальные светодиоды. Таким образом, об уровне воды будет свидетельствовать столбик светящихся светодиодов. Когда вода достигнет самого верхнего датчика, включится светодиод HL1 и одновременно откроется транзистор VT2, подавая напряжение питания на акустический излучатель. В результате будет звучать предупреждающий звуковой сигнал. Чтобы было более заметно достижение верхнего уровня воды, установлен светодиод HL1 красного свечения, все остальные светодиоды — зелёного. Последовательно с каждым светодиодом установлен токоограничивающий резистор. Для питания микросхем DD1—DD3 и транзистора VT2 использован линейный стабилизатор напряжения на элементах VT1, R1, VD2, C1. Диод Шотки VD1 обеспечивает защиту устройства от неправильной подачи питающего напряжения. Напряжение питания индикатора может быть 10...25 В, максимальный потребляемый ток — 30 мА.

Датчик E11 размещают на дне резервуара, а остальные распределяют равномерно по его высоте (**рис. 2** на с. 55). Датчик E11 должен иметь площадь несколько квадратных сантиметров и изготовлен из проводящего материала, не подверженного коррозии. Место соединения с проводом надо защитить водостойким материалом. Если резервуар металлический, его корпус может выполнять функцию общего датчика, для этого его надо напрямую соединить с контактом XT13. Остальные датчики располагают равномерно в объёме резервуа-

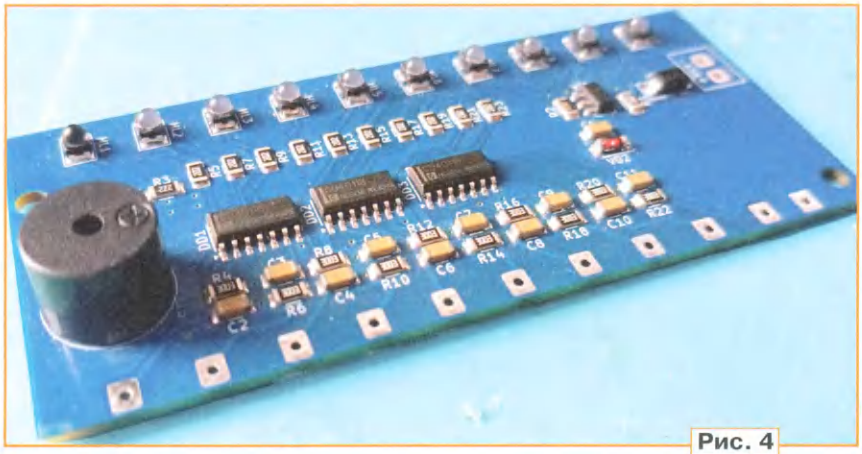
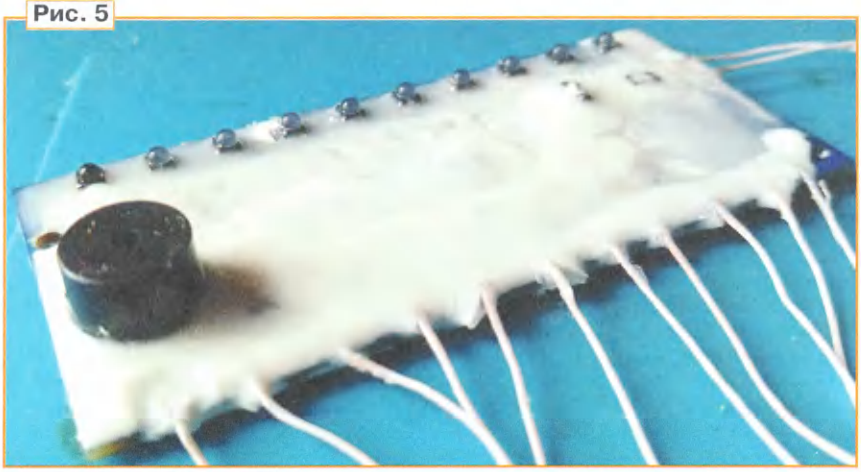


Рис. 4

Рис. 5



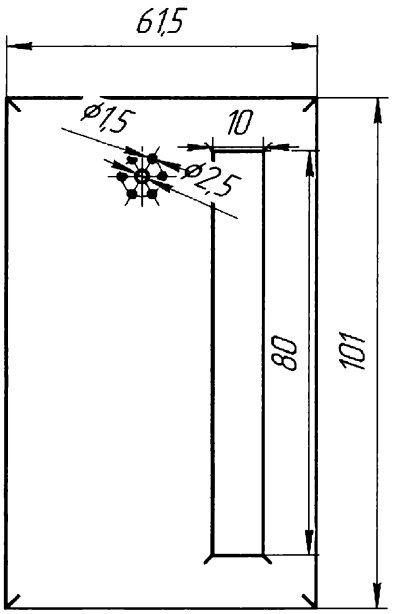


Рис. 6

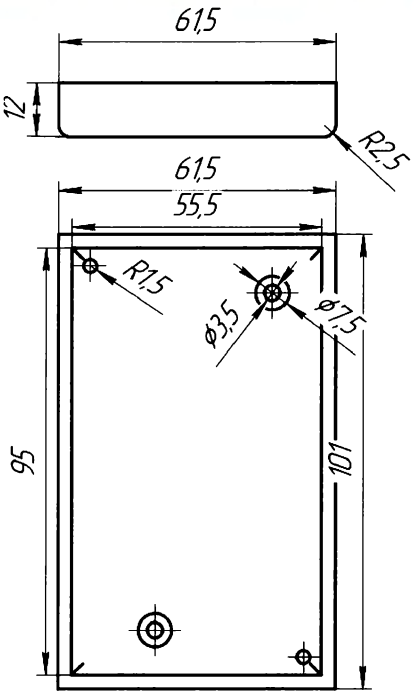


Рис. 7

ра. Их конструкция может быть различной. Один из простых вариантов приведён в [1].

Все элементы, кроме датчиков, установлены на двухсторонней печатной плате из фольгированного стеклотекстолита. Чертёж платы и размещение на ней элементов показаны на **рис. 3** (на с. 55). Применены элементы для поверхностного монтажа. Резисторы и конденсаторы — типоразмера 1206, светодиоды — серии YLL-T35x типоразмера 3528, можно применить аналогичные такого же типоразмера любого цвета свечения. Стабилитрон для поверхностного монтажа [2] — в корпусе SOD80C. Акустический сигнализатор должен быть со встроенным генератором на напряжение питания 7...12 В. Внешний вид смонтированной платы показан на **рис. 4**.

Для обеспечения долговечности и удобства эксплуатации индикатора датчики должны быть надёжно закреплены и равномерно распределены по высоте резервуара, от этого зависит корректность показаний. Они должны быть изготовлены из коррозионностойкого материала. Если соединительный кабель будет длинный, его следует заэкранировать. Места пайки следует защитить влагостойким материалом. После проверки работоспособности плату желательно покрыть влагостойким лаком или компаундом (**рис. 5**).

Налаживания индикатор не требует. При желании число индицируемых уровней, т. е. датчиков, может быть уменьшено. Например, если нужно всего четыре датчика, элементы DD2, DD3, R12—R23, C6—C11, HL5—HL10 на плату не устанавливают и задействуют только датчики E7—E11.

Для размещения платы был разработан корпус, который можно изготовить из любого, лучше изоляционного материала. Чертежи передней панели и крышки показаны на **рис. 6** и **рис. 7**. Конечно, можно использовать любой подходящий корпус. В нём надо сделать акустическое отверстие для излучателя, отдельные отверстия или паз для светодиодов и отверстия для кабеля питания жгута подключения датчиков.

ЛИТЕРАТУРА

1. Светодиодный указатель уровня воды. — URL: **https://clck.ru/3G6sWW** (31.01.25).

2. BZV55 series. — URL: **https://clck.ru/3G6wo4** (31.01.25).

От редакции. *Чертёж печатной платы находится по адресу* ***http://ftp.radio.ru/pub/2025/03/ind.zip*** *на нашем FTP-сервере.*

Вспомним об однопереходном транзисторе

И. НЕЧАЕВ, г. Москва

Однопереходный транзистор (ОПТ, Unijunction Transistor — UJT) или более раннее название — двухбазовый диод — полупроводниковый прибор с тремя выводами (электродами) и одним p-n переходом. Ещё одно из первоначальных названий ОПТ — нитевидный транзистор [1]. Происхождение этого названия связано с его конструкцией. ОПТ предназначены для использования в различных генераторах, устройствах управления тиристорами, преобразователях напряжения и других импульсных устройствах. Упрощённый вариант конструкции ОПТ и его УГО показаны на **рис. 1**. Он представляет собой полупроводниковый кристалл (в этом случае с проводимостью n-типа), называемый базой, у которого сделаны два контакта (вывода), называемых базой 1 (б1) и базой 2 (б2). Между ними в кристалле расположен p-n переход, у которого сделан контакт (вывод), называемый эмиттером (э). Поскольку концентрация основных носителей в полупроводниковом кристалле базы невелика, его сопротивление между выводами б1 и б2 относительно большое — несколько килоом.

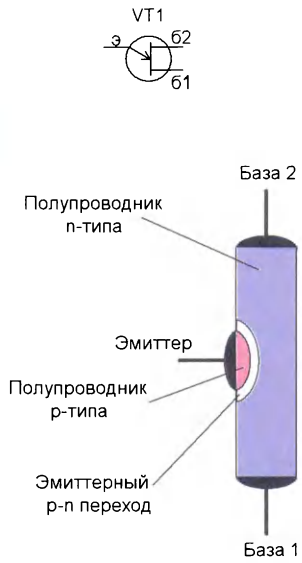


Рис. 1

Эквивалентная схема ОПТ и упрощённая вольт-амперная характеристика (ВАХ) эмиттера показаны на **рис. 2** и **рис. 3**. ВАХ иллюстрирует основные параметры ОПТ [2]. На вывод б2 подают плюсовое относительно б1 напряжение питания $U_{пит}$ ($U_{б1б2}$), которое распределяется в базе примерно равномерно. В результате на p-n переход (VD1) будет поступать напряжение $U_а = U_{пит}R1/(R1+ R2)$, поэтому при напряжении эмиттера $U_э = 0$ (относительно б1) p-n переход оказывается смещён обратным напряжением, и через него протекает только обратный ток эмиттера $I_{э\ обр}$. Если увеличивать напряжение $U_э$, в какой-то момент напряжение на p-n переходе станет равным нулю, т. е. $U_э = U_а$, станет нулевым и ток через него $I_э = 0$. Так формируется начальный участок ВАХ ОПТ. При дальнейшем увеличении напряжения $U_э$ появится прямой ток (p-n переход открывается), и когда он достигнет тока включения $I_{вкл}$, эмиттерный ток резко увеличится, а напряжение на нём уменьшится. Объясняется это тем, что при открывании p-n перехода носители заряда из эмиттера начнут поступать в базу и сопротивление её участка между эмиттером и первой базой (R1 на рис. 2) резко уменьшится, т. е. уменьшится $U_а$, поэтому напряжение на p-n переходе увеличится, значит, и увеличится ток через него. Происходит это лавинообразно, т. е. ОПТ открывается. Напряжение включения ОПТ $U_{вкл}$ зависит от напряжения питания и коэффициента передачи $\eta = U_{вкл}/U_{пит}$, т. е. $U_{вкл} = \eta\ U_{пит}$.

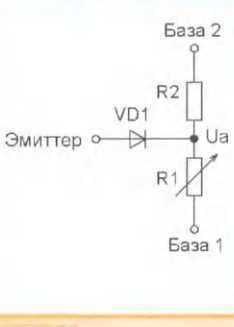


Рис. 2

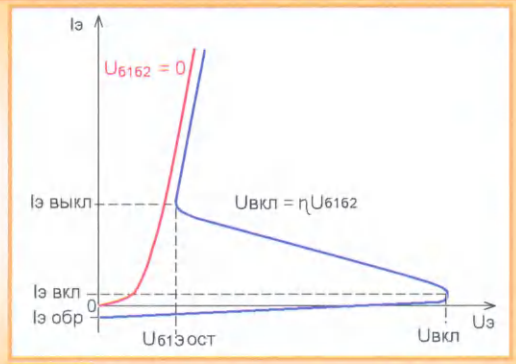


Рис. 3

Так формируется основная отличительная особенность ОПТ — наличие на его ВАХ участка с отрицательным сопротивлением между точками $U_{вкл}$ и остаточным напряжением между базой 1 и эмиттером — $U_{б1э\ ост}$, который характеризуется тем, что при уменьшении напряжения на эмиттере ток через него увеличивается. Если при этом ток эмиттера будет больше тока выключения, $I_э > I_{выкл}$, ОПТ останется в этом состоянии. Когда ОПТ включён, на эмиттерном переходе падает напряжение $U_{эб1\ ост}$, которое зависит от тока эмиттера, а межбазовое сопротивление уменьшается, и через неё протекает ток, называемый током модуляции $I_{мод}$. Если $I_э < I_{выкл}$, ОПТ закрывается и его рабочая точка возвращается на начальный участок ВАХ. При $U_{б1б2} = 0$ ВАХ ОПТ (показана красным на рис. 3) представляет собой ВАХ p-n перехода с последовательно включённым резистором (R1 на рис. 2).

Основные параметры ОПТ серии КТ117 приведены в [2]. К ним относятся:

Межбазовое сопротивление, кОм
транзисторы КТ117А, КТ117Б ..... 4...9
транзисторы КТ117В, КТ117Г ..... 8...12
ток включения, мкА, не более 20
ток выключения, мА, не менее 1
обратный ток эмиттера, мкА, не более 1
Коэффициент передачи η,
транзисторы КТ117А, КТ117В ..... 0,5...0,7
транзисторы КТ117Б, КТ117Г ..... 0,65...0,9
ток модуляции (при $I_э$ = = 50 мА), мА ..... 7...24
остаточное напряжение (при $I_э$ = 50 мА), В ..... 2...4,2
время включения, мкс, не более 3
максимальная частота генерации, кГц 200

К предельно допустимым параметрам ОПТ этой серии относятся:
напряжение $U_{б1б2\,макс}$, В 30
напряжение $U_{Э61\,макс}$, В 30
ток $I_{э\,макс}$, мА 50
максимальный импульсный ток эмиттера (при длительности импульса не более 10 мкс и скважности не менее 200) $I_{э\,макс}$, А 1
мощность рассеивания $P_{макс}$, мВт 300

ОПТ раньше использовались в релаксационных RC-генераторах, LC-генераторах, кварцевых генераторах, триггерах, пороговых устройствах, делителях частоты, преобразователях напряжение—частота и других устройствах. В настоящее время для построения указанных устройств используются совсем другие электронные элементы.

В нашей стране выпускались самые распространённые и доступные ОПТ серии КТ117 (КТ117А—КТ117Г), с военной приёмкой — серии 2Т117, бескорпусной вариант — серия КТ119, а также более современные, но более редкие ОПТ серий КТ132 [3] и КТ133 [4].

Зарубежные аналоги ОПТ серии КТ117 — 2N2647 [5], 2N4893L [6], MU4891—MU4894 [7], 2N2646, 2N2647, 2N4870, 2N4871 и некоторые другие. Комплементарными ОПТ с базой p-типа (CUJT) являются транзисторы 2N6114, 2N6115 [8].

Следует отметить, что существуют и так называемые программируемые однопереходные транзисторы (PUT), к которым относятся транзисторы BRY56 [9], 2N6027, 2N6028 [10]. Однако они имеют четырёхслойную полупроводниковую структуру и, по сути, являются тиристорами, но в некоторых устройствах их можно использовать взамен "настоящих" ОПТ.

Кроме того, есть отечественные тиристоры серии КУ106 [11], в состав которых, кроме собственно низковольтного тиристора, входит и ОПТ. Его вывод б1 соединён с управляющим электродом тиристора, а управляющий сигнал поступает на эмиттер ОПТ. Есть и серия оптронов АОТ102 (ЗОТ102) на основе излучающего ИК-диода и фотоОПТ, а также гибридные микросхемы (серия К295) со встроенным ОПТ.

Описания конструкций, основных параметров ОПТ и различных устройств на их основе приведены в [12, 13].

Датчик температуры. Прежде чем переходить к рассмотрению схем генераторов и пороговых устройств на ОПТ, следует упомянуть его нестандартное применение, в частности, как датчика температуры. В конструкции [14] использован тот факт, что межбазовое сопротивление ОПТ зависит от температуры и увеличивается с ростом температуры. При этом температурный коэффициент сопротивления (ТКС) — 0,5...0,9 %/°С [2] и достаточно линеен в большом интервале температур.

Пороговые устройства, сигнализаторы. Используя пороговые свойства ОПТ, на его основе можно сделать звуковые и световые сигнализаторы превышения или понижения контролируемого напряжения (или другого параметра, например температуры, освещённости и т. д.) по отношению к установленному порогу.

На **рис. 4** показана схема звукового сигнализатора превышения напряжения с низкоомным электромагнитным акустическим излучателем. При напряжении питания $U_{пит}$ = 5 В сигнализатор начинает подавать короткие звуковые сигналы (щелчки) при напряжении $U_{вх}$ = 4,3 В. По мере роста напряжения частота щелчков увеличивается. При $U_{пит}$ = 12 В сигнализатор начинает работать при $U_{вх}$ = 10,3 В. Громкость щелчков зависит от ёмкости конденсатора С1, чем больше ёмкость, тем больше громкость, но при этом уменьшается их частота.

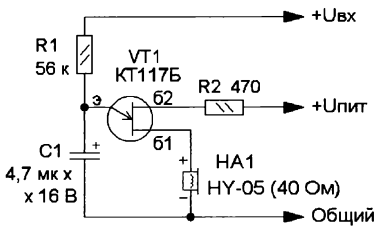


Рис. 4

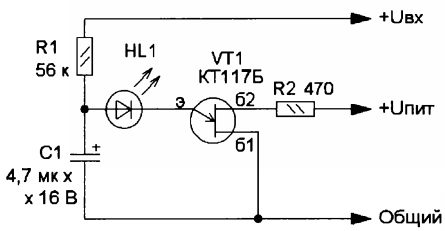


Рис. 6

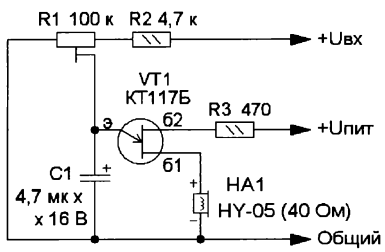


Рис. 5

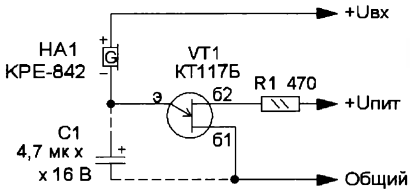


Рис. 7

В этом и других сигнализаторах, описание которых приводится далее, для установки порогового напряжения можно установить резистивный делитель с подстроечным резистором, как показано на **рис. 5**.

На **рис. 6** показана схема светового сигнализатора превышения контролируемого напряжения $U_{вх}$, значение которого в данном случае зависит от типа (цвета свечения) светодиода. Светодиод желательно применить сверхъяркий. Чем больше номинальное напряжение светодиода, тем больше пороговое напряжение. Светодиод красного свечения начинает вспыхивать при превышении порогового напряжения. При $U_{пит}$ = 5 В сигнализатор начинает работать при $U_{вх}$ = 6,4 В. При $U_{пит}$ = 12 В сигнализатор начинает работать при $U_{вх}$ = 11,9 В. Яркость вспышек зависит от ёмкости конденсатора С1, при её увеличении яркость увеличивается, но уменьшается частота. Слишком увлекаться увеличением ёмкости конденсатора не следует, поскольку при этом увеличивается импульсный ток через светодиод, что может быть для него опасно.

Если после открывания эмиттерный ток ОПТ будет больше тока выключения ($I_э > I_{выкл}$), он останется в открытом состоянии до тех пор, пока этот ток уменьшится. Этот эффект можно использовать для построения звукового сигнализатора, который после включения подаёт сигнал до тех пор, пока контролируемое напряжение не снизится до напряжения выключения $U_{выкл}$. Схема такого сигнализатора очень проста, она показана на **рис. 7**. Здесь использован акустический излучатель HA1 со встроенным генератором. При закрытом ОПТ его эмиттерный ток мал и акустический излучатель не работает. Когда напряжение на эмиттере достигнет порогового значения, напряжение на нём уменьшится, а ток возрастёт. Излучатель начнёт работать и своим током удерживать ОПТ в открытом состоянии. Для выключения сигнализатора надо уменьшить напряжение $U_{вх}$. Пороги включения и выключения зависят как от параметров ОПТ, так и от напряжения питания и

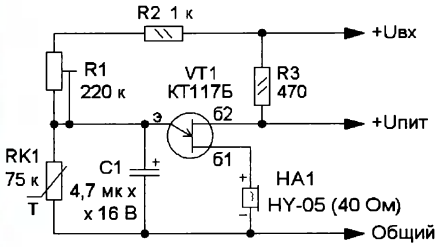


Рис. 8

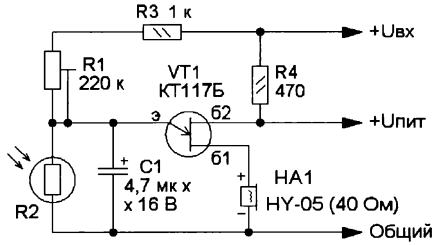


Рис. 9

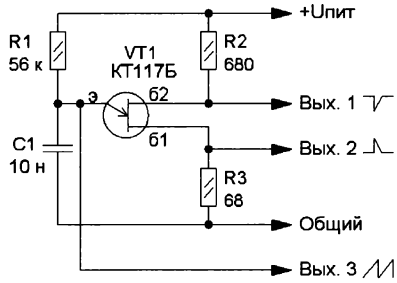


Рис. 10

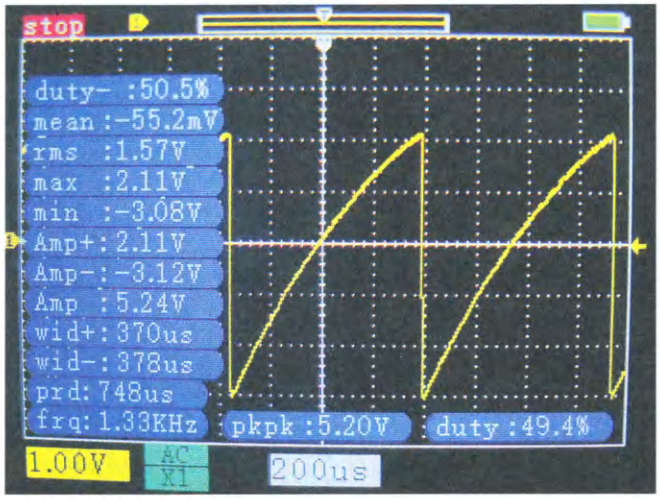


Рис. 11

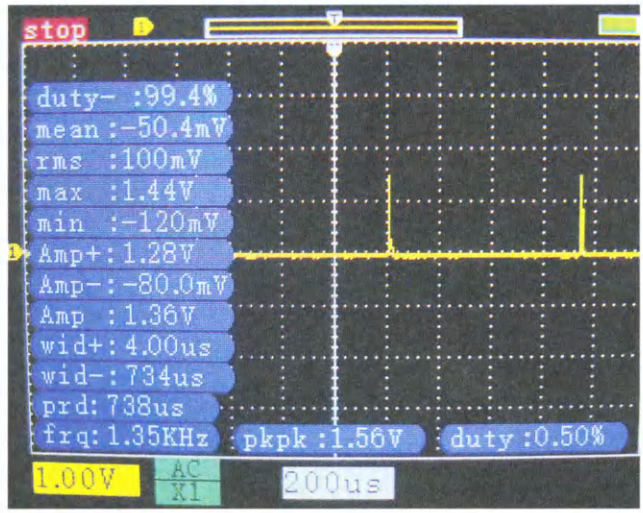


Рис. 12

параметров звукового излучателя. При $U_{пит}$ = 5 В сигнализатор начинает работать при $U_{вх}$ = 4,6 В и выключается при напряжении $U_{вх}$ = 3,9 В. При $U_{пит}$ = 12 В сигнализатор начинает работать при $U_{вх}$ = 9,55 В и выключается при напряжении $U_{вх}$ = 8 В.

Если установить конденсатор C1, включение которого показано на рис. 7 пунктиром, режим работы сигнализатора изменится. Теперь даже небольшого тока через сигнализатор HA1, при котором он ещё не работает, будет достаточно для зарядки конденсатора C1. Когда напряжение на нём достигнет порогового, ОПТ откроется и конденсатор C1 разрядится. В этот момент акустический излучатель начнёт работать, поскольку напряжения на нём будет достаточно. По мере зарядки конденсатора током излучателя HA1 напряжение на нём уменьшится, и он выключится, но зарядка конденсатора малым током продолжится и процесс повторится. В результате будут звучать короткие импульсные звуковые сигналы, частота следования которых зависит от контролируемого напряжения. Такой сигнал более заметен. При росте контролируемого напряжения частота включения излучателя увеличивается и звучание становится постоянным. При $U_{пит}$ = 5 В пороговое напряжение $U_{вх}$ = 4,65 В, при $U_{пит}$ = 12 В $U_{вх}$ = 9,6 В.

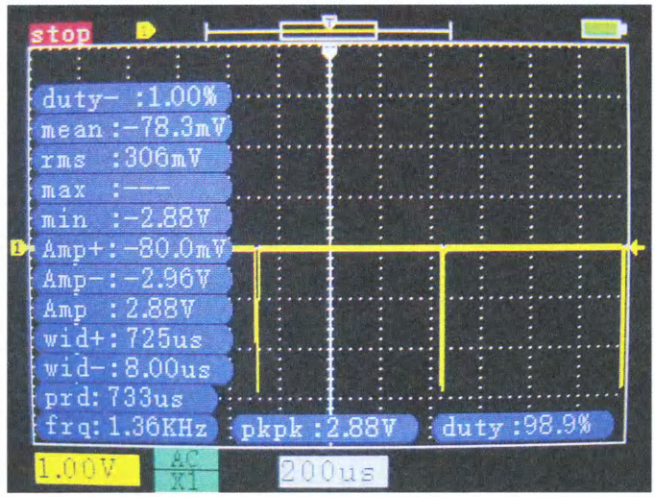


Рис. 13

Сигнализаторы, описания которых приведены выше, подают сигнал о превышении контролируемого напряжения. Но на их основе просто сделать сигнализаторы понижения напряжения. Для этого достаточно поменять местами напряжения $U_{вх}$ и $U_{пит}$.

В этих сигнализаторах в цепи второй базы присутствует резистор, который ограничивает ток модуляции. Они могут работать без этого резистора, но он уменьшает потребляемый сигнализаторами ток от источника питания.

Если в таком устройстве применить терморезистор или фоторезистор, он будет сигнализировать о понижении температуры или освещённости соответственно. Схема первого сигнализатора показана на **рис. 8**, здесь можно применить терморезистор RK1 с отрицательным ТКС, например серии ММТ. Подстроечным резистором R1 устанавливают пороговое значение температуры. Резистор R2 ограничивает ток через эмиттер, если движок подстроечного резистора окажется в верхнем по схеме положении.

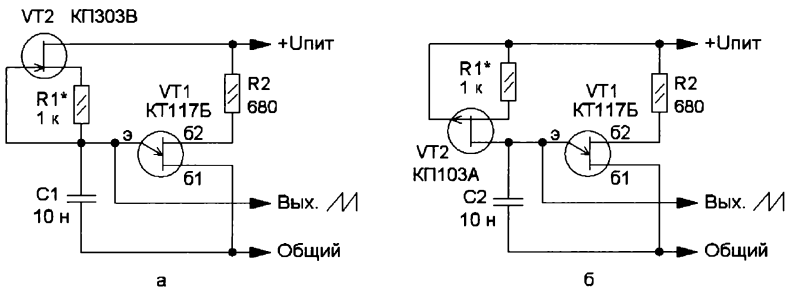


Рис. 14

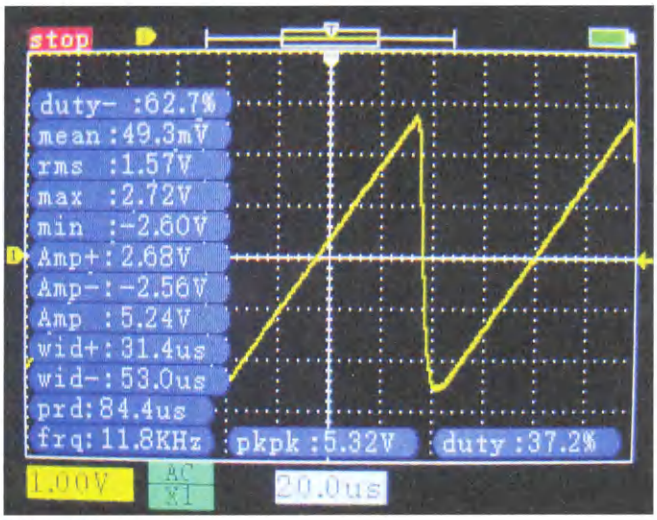


Рис. 15

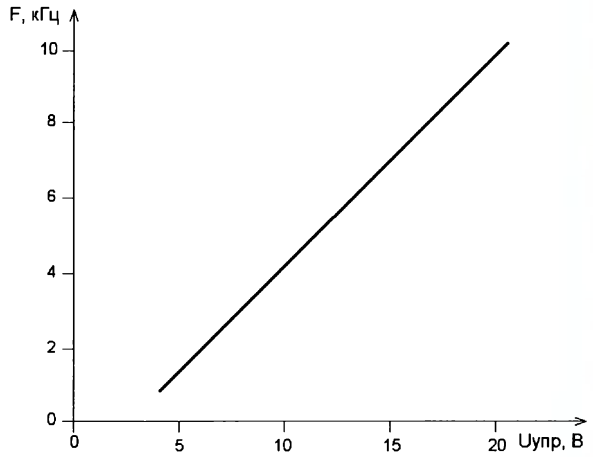


Рис. 18

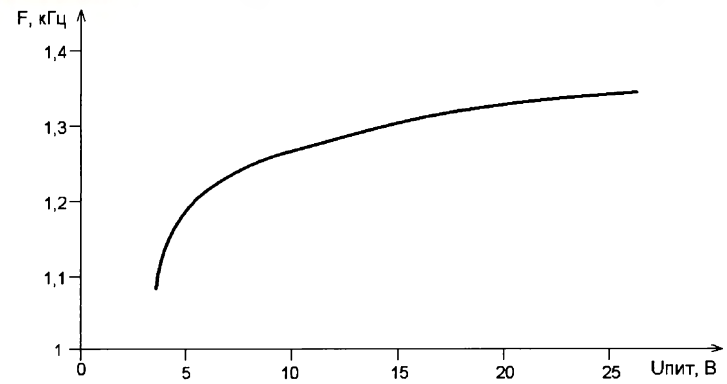


Рис. 16

Схема сигнализатора понижения освещённости показана на **рис. 9**. Здесь порог срабатывания также устанавливают подстроечным резистором, фоторезистор должен быть с темновым сопротивлением не менее 1 МОм.

Поменяв местами терморезистор (фоторезистор) и подстроечный резистор, можно получить сигнализатор повышения температуры (освещённости). А если взамен них применить резистивные датчики, реагирующие на другие параметры окружающей среды (например, датчик влажности), получится соответствующий сигнализатор.

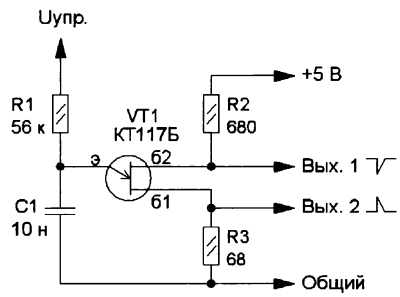


Рис. 17

Генераторы и преобразователи. В своё время ОПТ широко применялись для построения генераторов различного назначения. Вариант схемы импульсного RC-генератора, ставшей уже классической, показан на **рис. 10**. Принцип его работы основан на периодической зарядке/разрядке конденсатора C1. Зарядка происходит от источника питания через резистор R1. Когда напряжение на конденсаторе достигнет значения $U_{вкл}$, он разряжается через эмиттерный переход ОПТ до тех пор, пока ток через него станет меньше тока выключения $I_{выкл}$. В момент разрядки сопротивление эмиттер—база 1 резко уменьшается, поэтому она происходит относительно быстро. В результате на конденсаторе формируется сигнал пилообразной формы (**рис. 11**), а на выводах б1 и б2 — короткие противофазные импульсы напряжения (**рис. 12** и **рис. 13** соответственно). Амплитуду импульса на выводе б2 можно изменять подборкой резистора R2. Период следования импульсов можно определить по формуле $T = R1 \cdot C1 \cdot \ln(1/(1 - \eta))$, для случая $\eta = 0{,}63$ $T \approx R1 \cdot C1$.

На конденсаторе C1 формируется нелинейный сигнал пилообразной формы. Чтобы сделать его линейным, взамен резистора R1 надо установить стабилизатор тока, который можно собрать на полевом транзисторе с управляющим p-n переходом. Схемы генераторов пилообразного напряжения с полевым транзистором серии КП303 или серии КП103 показаны на **рис. 14**. После установки стабилизатора тока пилообразное напряжение станет линейным (**рис. 15**). Ток зарядки, а значит, и частоту можно изменять подборкой резистора R1. Чтобы работа генератора была устойчивой, входное сопротивление каскада, на который поступает сигнал пилообразной фор-

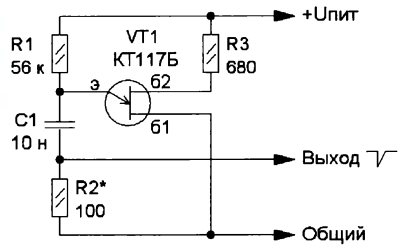


Рис. 19

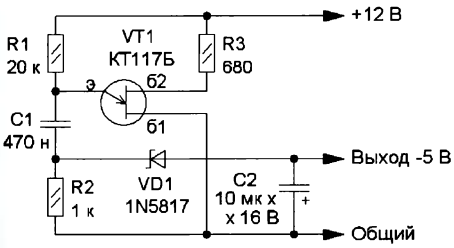


Рис. 20

подключить к регулируемому источнику постоянного напряжения, можно получить генератор, управляемый напряжением (или преобразователь напряжение—частота). Схема такого генератора показана на **рис. 17**. Зависимость частоты генерации от управляющего напряжения $U_{упр}$ показана на **рис. 18**. На этом графике видно, что при изменении управляющего напряжения в 4,5 раза частота импульсов увеличивается примерно в десять раз. Поскольку полученная зависимость достаточно линейна, такой генератор можно использовать как преобразователь напряжение—частота.

Чтобы получить выходные импульсы генератора минусовой полярности, можно немного изменить схему (**рис. 19**). В этом варианте генератора, после зарядки конденсатора C1, он разряжается через эмиттер ОПТ и резистор R2, на котором и формируется короткий импульс напряжения минусовой полярности (при напряжении питания 10 В амплитуда импульса — –2,5 В). Для увеличения амплитуды импульса надо увеличивать сопротивление резистора R2: например, при R2 = 1 кОм амплитуда импульса будет –5 В.

Поскольку этот генератор формирует импульсы минусовой полярности, добавив к нему выпрямитель со сглаживающим конденсатором, можно получить микромощный преобразователь полярности напряжения (**рис. 20**). Его можно использовать для подачи напряжения смещения на различные электронные приборы. Так как исходный генератор маломощный, то и преобразователь полярности будет микромощным. Сопротивление нагрузки должно быть большим, например, при сопротивлении 100 кОм напряжение уменьшается до 4,5 В.

Такие генераторы широко использовались для управления тиристорами и симисторами в фазовых регуляторах мощности самых разнообразных устройств, таких как нагревательные элементы, в том числе паяльники, осветительные приборы с лампами накаливания, электродвигатели, зарядные устройства и т. д.

Схема фазового регулятора мощности паяльника напряжением 24...36 В показана на **рис. 21**, а зарядное устройство для автомобильного аккумулятора — на **рис. 22**. Здесь ток зарядки

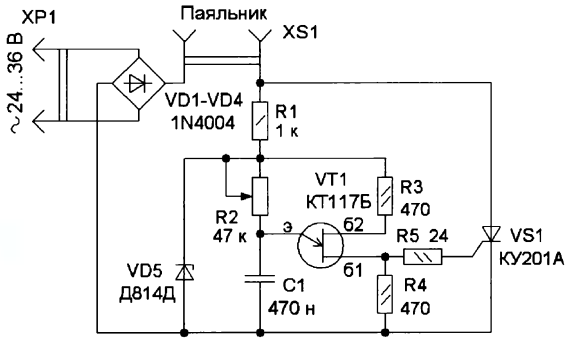


Рис. 21

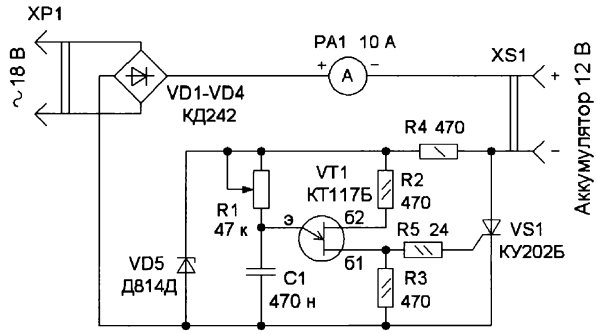


Рис. 22

мы, должно быть несколько сотен килоом. Можно применить полевой транзистор или ОУ.

В этом генераторе скорость зарядки конденсатора C1, а значит, и частота сигналов зависят от сопротивления резистора R1 и напряжения питания $U_{пит}$. Но при увеличении напряжения питания увеличивается и напряжение $U_{вкл}$, в результате при изменении $U_{пит}$ в больших пределах частота генерации изменяется существенно меньше. На **рис. 16** показана зависимость частоты генерации от напряжения питания (номиналы элементов на рис. 10). Генератор с указанным на схеме транзистором начинает работать при напряжении питания 3,4 В.

Если на вывод б2 подать стабильное напряжение питания, а резистор R1

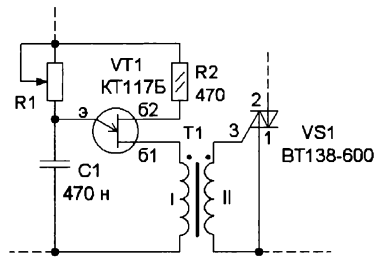


Рис. 23

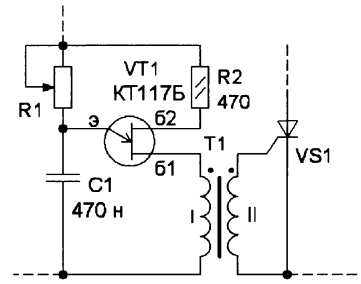


Рис. 24

надо контролировать с помощью амперметра и периодически его подстраивать.

Если ОПТ использовать для управления тиристором или симистором, которые не имеют с ним непосредственной связи, следует применить импульсный трансформатор, как показано на **рис. 23** и **рис. 24**.

В статье, конечно, приведены описания не всех возможных конструкций на ОПТ. Кроме того, многие из них можно сделать на других электронных приборах, но, тем не менее, ОПТ остаётся интересным прибором и в настоящее время и может найти применение в радиолюбительской практике.

ЛИТЕРАТУРА

1. Однопереходный транзистор. — URL: **https://goo.su/5tQr** (09.01.25).

2. Однопереходные транзисторы КТ117А— КТ117Г. — Радио, 1973, № 12, с. 54, 55.

3. КТ132 кремниевый планарный однопереходной транзистор. — URL: **https://clck.ru/3FdCXk** (09.01.25).

4. КТ133 кремниевый планарный однопереходной транзистор. — URL: **https://clck.ru/3FdCaw** (09.01.25).

5. Unijunction Transistor. — URL: **https://goo.su/GRewDbz** (09.01.25).

6. 2N4893L. — URL: **https://goo.su/B6SYYI** (09.01.25).

7. MU4891—MU4894. Silicon Unijunction Transistor. — URL: **https://goo.su/nsxuC** (09.01.25).

8. Complementary Unijunction Transistor. — URL: **https://goo.su/qjSr** (09.01.25).

9. Programmable Unijunction Transistor BRY56. — URL: **https://goo.su/XoXzw** (09.01.25).

10. 2N6027, 2N6028. Programmable Unijunction Transistor. — URL: **https://clck.ru/3Fctmh** (09.01.25).

11. КУ106В. — URL: **https://eandc.ru/catalog/ku106v/** (09.01.25).

12. **Ольсевич А. Е., Михайлов В. В., Беличенко В. И., Фоменко Г. П.** Библиотека по автоматике. Вып. 465. Двухбазовые диоды в автоматике. — М.: Энергия, 1972.

13. **Дьяконов В. П.** Однопереходные транзисторы и их аналоги. Теория и применение. — М.: СОЛОН-Пресс, 2008, 240 с.

14. **Нечаев И.** Простой термометр: каким он может быть? — Радио, 1992, № 8, с. 17, 18.

Викторина

"Платы расширения SparkFun"

Р. СЕРГЕЕНКО, г. Гомель, Беларусь

Фирма SparkFun (г. Нивот, США) открыла многим непрофессионалам путь в электронику. Её основатель, Натан Зейдл (Nathan Seidle), начинал с "гаражного" изготовления программаторов для микроконтроллеров (МК) в съёмной студенческой квартире в 2003 г. Сейчас это солидная фирма, выпускающая более 2500 наименований продукции, которая представлена на ведущих торговых площадках мира.

Название SparkFun является комбинацией слов spark (искра) и fun (развлечение). Однажды Натан Зейдл проводил эксперименты с разложенными на столе радиодеталями, соединёнными между собой запутанным клубком проводов. При неосторожном движении рукой произошло короткое замыкание с искрами и дымом, повлёкшее выход из строя дорогостоящего прибора. Так появились "искра" в названии фирмы и идея сборки небольших функционально законченных плат расширения (ПР), соединяемых кабелями, чтобы уменьшить радиолюбительский хаос на столе.

В продукции SparkFun имеются собственные и заимствованные отладочные платы с МК, одноплатные компьютеры, электронный текстиль, наборы для робототехники, датчики, элементы умного дома, беспроводная техника и, конечно же, ПР (около 400 наименований). Кроме того, больше половины номенклатуры — инструмент и запасные части, что очень помогает в ремонте.

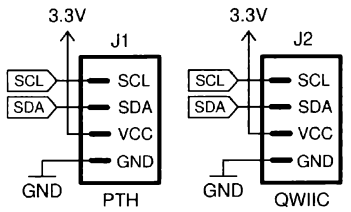
Продукцию SparkFun легко отличить по печатным платам красного цвета и хорошо узнаваемому логотипу со стилизованной искрой пламени возле буквы k.

Фирма придерживается философии открытого аппаратного обеспечения Open Hardware, когда электрические схемы и файлы разводки печатных плат доступны для свободного скачивания на сайте **https://www.sparkfun.com/categories**. Более того, для ПР, подключаемых к Arduino, разработаны бесплатные библиотеки функций, что резко снижает для начинающих порог вхождения в мир электронных самоделок.

Продукты, программы и ресурсы SparkFun не защищены патентами, их может использовать, модифицировать и даже продавать любой желающий. Этим пользуются ноунейм китайские фирмы, выпускающие более дешёвые клоны. Тем не менее, фирма имеет устойчивый круг потребителей, включая учебные заведения во многих странах мира, и стабильное сообщество почитателей.

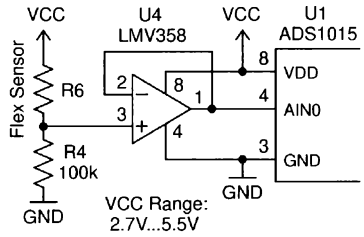
В **таблице** показаны фрагменты схем продукции SparkFun. На каждый вопрос викторины следует выбрать ответ 0 или 1 и записать их в ряд слева направо в виде двоичного числа. Если после перевода в десятичный вид получится 2883 или 3907, значит, все ответы правильные.

1 SparkFun Qwiic Thermocouple



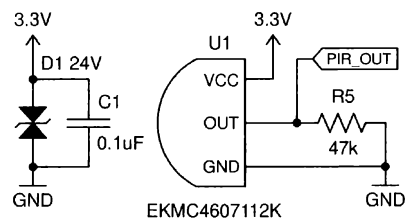
Что обозначают надписи внизу разъёмов J1, J2?
0 - фирму-изготовитель или фирменное наименование разъёмов;
1 - конструктивные или функциональные особенности

2 SparkFun Qwiic Flex Glove



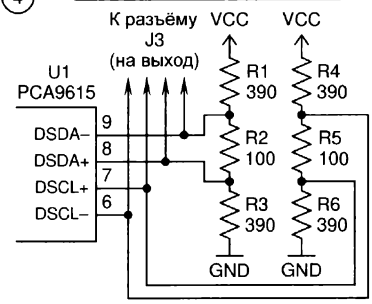
Резистор R6 – это сенсор перчаток виртуальной реальности. Как изменится чувствительность при увеличении напряжения питания VCC?
0 - практически не изменится;
1 - чувствительность увеличится

3 SparkFun PIR Breakout



От чего защищает супрессор D1?
0 - от подачи напряжения питания выше 24 В в цепи 3.3V датчика присутствия U1;
1 - от электростатического разряда при касании платы рукой человека

4 SparkFun QwiicBus EndPoint

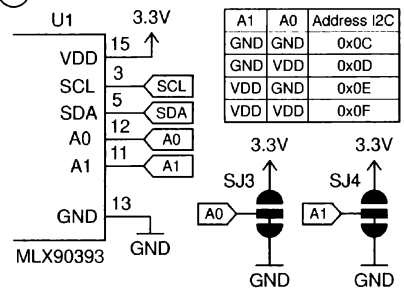


Что лучше подключить к разъёму J3 в кабельном тракте удлинителя шины I²C?
0 - провода ТРП-2 (телефонная "лапша");
1 - провода кабеля Ethernet Cat 5

5 SparkFun Pulsed Coherent Radar

Куда будет направлен "радиолуч" на ПР радара миллиметрового диапазона 60 ГГц?
0 - перпендикулярно поверхности платы;
1 - в любую сторону при подключении внешней антенны

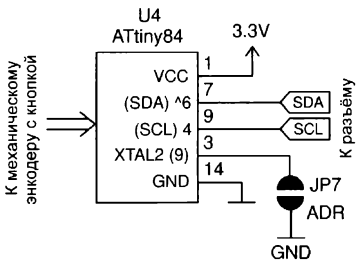
6 SparkFun Triple Axis Magnetometer



A1	A0	Address I2C
GND	GND	0x0C
GND	VDD	0x0D
VDD	GND	0x0E
VDD	VDD	0x0F

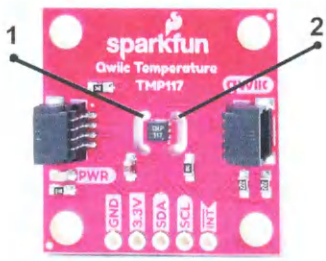
К каким точкам джамперов SJ3, SJ4 желательно подключить защитные резисторы 10 кОм?
0 - последовательно с цепями A0 и A1;
1 - последовательно в каждую из цепей 3.3V

7 SparkFun Qwiic Twist



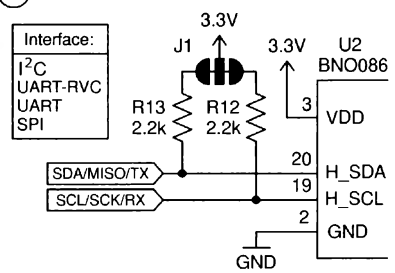
Зачем нужно замыкать джампер JP7, задающий адрес 0x3E на шине I²C, если МК U4 может формировать более 100 адресов I²C?
0 - на всякий "пожарный" случай;
1 - для адаптации к внешним программам

8 SparkFun Qwiic TMP117



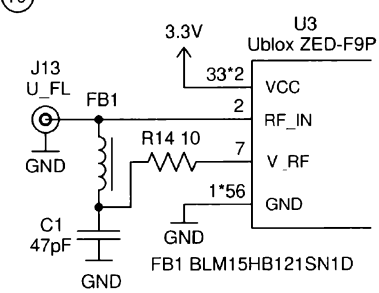
Зачем нужны два фигурных выреза 1, 2 на плате возле термодатчика TMP117 (точность ±0,1 °C)?
0 - для термоизоляции корпуса;
1 - для снижения токов утечки

9 SparkFun VR IMU Breakout



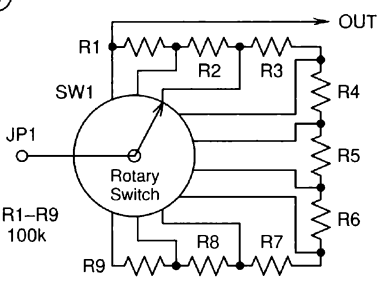
При выборе каких интерфейсов сигналы присутствуют на обоих выводах 19 и 20 сенсора ориентации в пространстве U2?
0 - I²C, UART, SPI;
1 - I²C, UART-RVC, SPI

10 SparkFun GPS-RTK2



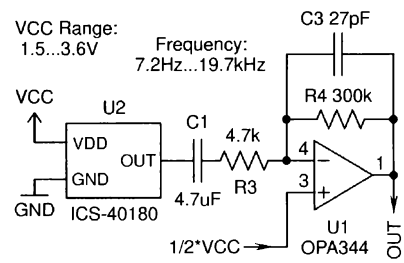
Назначение элементов FB1, C1, R14?
0 - подача питания на внешний усилитель;
1 - цепь проверки обрыва антенны GPS, подключённой к разъёму J13

11 SparkFun Decade Resistance Box



Почему сигнал OUT от магазина сопротивлений поступает с резистора R1, а не R9?
0 - чтобы не нарушался порядок переключений;
1 - для соответствия правилам эргономики

12 SparkFun Analog MEMS Microphone



К какому элементу относится надпись о полосе пропускания от 7,2 Гц до 19,7 кГц?
0 - к аналоговому MEMS-микрофону U2;
1 - к усилителю на микросхеме U1

ЖУРНАЛ

РАДИО

АУДИО • ВИДЕО • СВЯЗЬ • ЭЛЕКТРОНИКА • КОМПЬЮТЕРЫ

Получатель АНО "Редакция журнала "Радио"
ИНН 7708187140,
р/с 40703810538090108833 в ПАО Сбербанк г. Москва,
К/с 30101810400000000225, БИК 044525225.
КПП 770201001

Цена одного номера журнала в 2025 году (с 1-го по 6-й номер) при покупке в редакции — 520 руб.

Стоимость полугодовой подписки с рассылкой из редакции (адресная рассылка) для индивидуальных подписчиков России — 3840 руб., для индивидуальных подписчиков из стран зарубежья — 6000 руб.

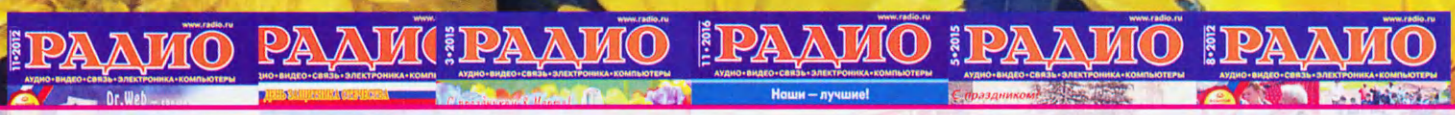
Стоимость полугодовой подписки с рассылкой из редакции (адресная рассылка) для юридических лиц из России — 4080 руб.

Телефон для связи (495) 607-87-39

На бланке напишите, за какие журналы Вы переводите деньги и укажите свой точный адрес (с почтовым индексом). После того как деньги поступят на расчётный счёт, мы отправим Вам журналы. Наложенным платежом редакция журналы не высылает!

Год выпуска	Номер журнала	Стоимость одного номера в редакции	Стоимость одного номера с пересылкой	
			В Россию	В остальные страны
2021	11—12	250 руб.	350 руб.	800 руб.
2022	1—9, 11—12	300 руб.	400 руб.	800 руб.
2023	3—4, 6—12	470 руб.	570 руб.	800 руб.
2024	1—12	490 руб.	600 руб.	900 руб.
2025	1—6	520 руб.	640 руб.	1000 руб.

Подписные индексы журнала по каталогам:
Официальный каталог Почты России П4014;
КАТАЛОГ РОССИЙСКОЙ ПРЕССЫ 89032



Подписка на электронный журнал "Радио" с доставкой по электронной почте на 2025 год, а также 2024, 2023, 2022, 2021, 2020, 2019, 2018, 2017, 2016, 2015, 2014, 2013, 2012 на 12 месяцев (1 год).

https://el.radio.ru/

Журнал "Радио" в интернет-магазине ОЗОН

Dr.WEB®
Сделано в России

ЗАЩИТИ СОЗДАННОЕ

Dr.Web Security Space
защитит ваш цифровой МИР

Защита от хищений средств

От банковских троянцев, клавиатурных шпионов, хакерских атак во время сессии онлайн-банкинга

Защита от мошенников

От фишинговых и мошеннических сайтов, сайтов с вредоносным ПО

Защита от уязвимостей программ

От эксплойтов, используемых киберпреступниками для проникновений через ошибки в популярных приложениях

Защита данных и информации

От удаления, порчи, шифрования и похищения

Защита от захвата устройства и слежки

Блокировка камеры, микрофона, съемных устройств

Защита детей

Родительский контроль

- ✓ **Dr.Web — в едином реестре отечественного ПО**
- ✓ **Круголосуточная техническая поддержка**
- ✓ **Бонус для покупателей — защита для Android**

Поддерживаемые ОС

ANDROID

Техподдержка компании «Доктор Веб»:
https://support.drweb.ru

Сайты компании «Доктор Веб» в социальных сетях:
https://www.drweb.ru/user/social

Сайты компании «Доктор Веб»:
https://антивирус.рф
https://drweb.ru

© ООО «Доктор Веб», 2021
125040, Россия, Москва, 3-я улица Ямского поля, вл. 2, корп. 12а
Тел.: +7 495 789-45-87 (многоканальный)
факс: +7 495 789-45-97